

REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

SOBRE SANEAMIENTO
DE
POBLACIONES

INFORME

PRESENTADO POR EL SUB-DIRECTOR DE SANEAMIENTO

ING.° JUAN C. ALTOBERRO

CON MOTIVO DE LA COMISION QUE LE FUÉ CONFIADA EN SETIEMBRE 5 DE 1929
POR EL CONSEJO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN

MONTEVIDEO
1934

IMP. DEL COMERCIO
PIEDRAS 432



REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

SOBRE SANEAMIENTO DE POBLACIONES

INFORME

PRESENTADO POR EL SUB-DIRECTOR DE SANEAMIENTO

ING.° DON JUAN C. ALTOBERRO

CON MOTIVO DE LA COMISION QUE LE FUE CONFIADA EN SETIEMBRE 5 DE 1929
POR EL CONSEJO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN

MONTEVIDEO
1933

IMP. DEL COMERCIO
PIEDRAS 432

Montevideo, Abril 18 de 1932.

Señor Jefe de la Dirección de Saneamiento.

Ingeniero Don Carlos M. Maggiolo.

Elevo adjunto al Señor Director el informe relacionado con la comisión que me confiara en el extranjero, el Consejo Nacional de Administración, con fecha 5 de Setiembre de 1929.

Como es de su conocimiento, las tareas que se me encomendaron fueron: *a)* verificar en las usinas el cumplimiento de las condiciones de fabricación establecidas en el Pliego de Condiciones respectivo, de los materiales de fundición contratados con la firma comercial Regusci y Voulminot, con fecha 24 de Octubre de 1929; *b)* activar la contratación de los servicios del "Bureau-Veritas" y el "Contrôle Technique" para el control de la fabricación del material de acero y de los aparatos y accesorios, respectivamente, contratados con la Sociedad Tubos Mannesmann S. A., con fecha 21 de Noviembre de 1925; *c)* visitar con fines de estudio las instalaciones de saneamiento de los centros urbanos principales de Europa y Norte América.

Para facilitar la exposición, el suscrito ha optado por dividir su informe en cuatro partes o capítulos. La Primera está relacionada con todo lo relativo a la recepción de materiales; en la Segunda se describen las instalaciones de abastecimiento de agua, alcantarillados y depuración de aguas servidas o residuales visitados en Europa y Norte América; en la Tercera se consignan los resultados de un estudio realizado, a indicación del Señor Director, sobre la esterilización del agua por medio del ozono, unas ligeras consideraciones sobre el procedimiento de cloración preconizado por el Ingeniero Bunau Varilla y algunas impresiones recogidas durante las visitas realizadas a diversas fábricas de materiales para instalaciones sanitarias; habiéndose destinado la parte final para agrupar los comentarios que al informante le ha sugerido el funcionamiento de las instalaciones descriptas en la Segunda Parte y las informaciones que a su respecto recogió de los técnicos a cuyo cargo se encontraban. — En esa parte final el suscrito ha tratado de reflejar principalmente lo que se hace y se aconseja en la actualidad para purificar las aguas destinadas al consumo de los centros urbanos y para depurar las aguas residuales de los mismos.

El suscrito ha juzgado más apropiado dar cuenta por separado de las inversiones de dinero realizadas en las tareas de control de fabricación de los materiales de fundición y en las adquisiciones que hiciera en el extranjero por cuenta y orden de la Dirección.

Atento a lo establecido en los considerandos de la resolución del Poder Ejecutivo ya mencionada, el informante trató especialmente de conocer instalaciones con características análogas a las establecidas en el Uruguay, prestando sobre todo preferente atención a aquellas que significan hoy día altos exponentes de la ingeniería en materia de abastecimiento de agua potable y recolección, alejamiento y depuración de aguas residuales.

Es posible que pudiera sorprender la descripción más o menos detallada de alguna instalación de tipo algo apartado, por así decirlo, de las normas o principios seguidos en la actualidad por los técnicos más competentes en materia de saneamiento de poblaciones. — Apesar de no desconocer el fundamento de una actitud semejante, el informante ha juzgado conveniente hacer las descripciones en consideración a que esas instalaciones sirven aún con eficacia a ciudades populosas y porque permitirán apreciar con mayor claridad los inconvenientes de las mismas frente a las ventajas de las instalaciones modernas descriptas también en el informe.

Es indudable que todo lo expresado sobre las instalaciones visitadas está basado en las informaciones verbales obtenidas de los Jefes o Encargados de las mismas; o sus representantes, asi como en la documentación que el informante pudo obtener a su respecto.

Si bien es cierto que los datos que el informante pudo recoger le han sido muy útiles para preparar su trabajo, se vé en la necesidad de hacer constar que no siempre pudo lograr los que requiriera, para darle la mayor uniformidad posible, de modo que pudieran hacerse cotejos y comparaciones entre las cifras de las plantas similares, siempre interesantes en estudios de su índole y aumentar su valor documental.—La falta de datos es bastante sensible en lo que respecta a análisis de las aguas utilizadas para el abastecimiento de las poblaciones visitadas, a análisis de las aguas servidas tratadas en las estaciones de depuración, y sobre todo, a los costos de los tratamientos descriptos.—Por razones que no escaparán al claro criterio del Señor Director, no estuvo dentro de las posibilidades del informante subsanar los inconvenientes de esa naturaleza.

Teniendo en cuenta el grado de adelanto realizado en el país en materia de distribución de agua potable y recolección y alejamiento de aguas residuales, el informante ha optado por abreviar las descripciones y comentarios sobre redes de distribución de agua potable y alcantarillados, haciendo referencia solamente a ciertos detalles de algunas instalaciones que por una razón u otra ofrecen, a su juicio, algún interés excepcional.

En el informe son muy escasas las referencias que se hacen sobre las instalaciones mecánicas de elevación de aguas que se tuvo oportunidad de ver en funcionamiento, apesar de la importancia y perfección de la mayoría de ellas en razón de que el informante prefirió dedicar la mayor parte del tiempo de sus visitas a interiorizarse de las características de construcción y funcionamiento del resto de las instalaciones, prestándole deliberadamente reducida atención al estudio de las maquinarias, las que por sí solas hubieran justificado la inversión de todo el tiempo disponible a un técnico especializado.

El informante obtuvo de los Jefes de algunos servicios, copias de las reglamentaciones en vigencia, que no se ha detenido a comentar en su informe para no extenderlo. — Esas copias se elevan por separado a poder de la Dirección, en esta misma fecha.

El suscrito considera innecesario extenderse en consideraciones sobre la demora con que se ha visto obligado a entregar su trabajo. — La extensión del mismo exigía la inversión de un tiempo prolongado del que no pudo disponer, sino en el mes de octubre ppdo. debido al cúmulo de tareas que tiene a su cargo al frente de la División Explotación, como es del conocimiento del Señor Director.—Por falta de personal la escrituración tuvo también que postergarse hasta esta fecha.

El informante hace constar que le fueron acordardas toda clase de facilidades por las autoridades a cuyo cargo se hallaban los servicios de Saneamiento que visitó y que, en general, encontró en los Agentes diplomáticos y consulares de la República el apoyo necesario para el mejor desempeño de su misión.

Al terminar desea hacer constar además su reconocimiento hacia el Consejo Nacional de Administración y al Señor Ministro de Obras Públicas por el honor que le discernieran al encomendarle las tareas de cuyo cumplimiento da cuenta en esta oportunidad y de manera especial su agradecimiento al Señor Director, a cuya iniciativa fuera propuesto para desempeñarla.

Saludo al Señor Director con mi más alta consideración.

J. C. ALTOBERRO.

Sobre saneamiento de poblaciones

INFORME

PRESENTADO POR EL SUB - DIRECTOR DE SANEAMIENTO

ING.° DON JUAN C. ALTOBERRO

CON MOTIVO DE LA COMISION QUE LE FUÉ CONFIADA POR EL

CONSEJO NACIONAL DE ADMINISTRACION

PARTE PRIMERA

RECEPCION DE MATERIALES

Por resolución del Consejo Nacional de Administración de fecha 5 de Setiembre de 1929, al suscrito se le encomendó el control de la fabricación de los tubos de enchufe y cordón y de brida y las piezas especiales de fundición comprendidas en el contrato realizado con la firma Regusci y Voulminot y aprobado con fecha 24 de Octubre de 1929. Además se le confió entrevistarse con los Administradores del "Bureau Veritas" y "Le Contrôle Technique" para activar las tramitaciones de la contratación de los servicios de esas casas receptoras para el control de la fabricación de los materiales de acero y de los aparatos y accesorios contratados por la Sociedad Tubos Mannesmann S. A. con fecha 21 de Noviembre de 1929 y resolver las consultas que pudieran formularle esas casas durante el desempeño de sus cometidos.

A su llegada a París, el informante se puso en relación con la dirección de las usinas de la Sociedad Halbergerhütte, de Brebach (Sarre), donde según declaraciones de los Sres. Regusci y Voulminot se ejecutaría la partida más importante de los materiales de fundición cuyo control de fabricación se le confiara, a fin de conocer la fecha de iniciación de los trabajos, y de acuerdo con las instrucciones recibidas, se entrevistó con los directores del "Bureau Veritas" y "Le Contrôle Technique" con los fines ya indicados. Al mismo tiempo el informante hizo las gestiones necesarias para empalabrar el personal de colaboradores idóneos que necesitaría para poder desempeñar las tareas de Agente Receptor de la Dirección en las usinas que iban a trabajar para el contrato Regusci y Voulminot.

Cumplidas esas tareas el informante se trasladó a Brebach, iniciando de inmediato, por así decirlo, las funciones de Receptor, acordando con el personal de los servicios técnicos y comerciales de la Sociedad Halbergerhütte, que en todo momento tuvo la dirección general de la fabricación y del cumplimiento del contrato, todos los detalles relacionados con la misión que se le confiara.

Como de acuerdo con el plan de fabricación que la Sociedad de Halbergerhütte se trazara, el mayor tonelaje de tubos de enchufe y cordón debía fabricarse en Brebach, y además todos los tubos de bridas y las piezas especiales, el informante decidió encargarse personalmente de las recepciones en la Usina de esa localidad, estableciéndose en la ciudad de Sarrebrück, situada a quince minutos de Brebach, encomendando a empleados de "Le Contrôle Technique", puestos a sus órdenes directas, el control en las usinas de las Sociedades Pont-a-Mousson, Aubrives et Villerupt, Vereinigte Sthalwerke Aktien Gesellschaft Schalker Verein y Buderus'sche Eisenwerke, situadas en Pont-a-Mousson, Foug y Villerupt (Francia) y Gelsenkirchen y Wetzlar (Alemania) respectivamente, que, como es sabido, intervinieron también en la fabricación. Para conocer los métodos de fabricación, programas de trabajo, equipos de ensayo, etc. y presentar a sus Agentes a los Jefes de esas usinas, el informante hizo una visita a cada una de ellas antes de iniciarse los trabajos, en compañía de un representante de la Sociedad Halbergerhütte.

El "Contrôle Technique" facilitó su personal exigiendo una retribución en base al tonelaje de tubos que sus empleados recibieran en cada usina, estableciendo dos precios unitarios: uno para los tubos de diámetros inferiores a 100 mm. y otro para los tubos de diámetros iguales a 100 mm. o mayores y las piezas especiales en su totalidad. Los precios por tonelada fueron de 8 y 5 francos, respectivamente. Para las recepciones en las usinas alemanas (Gelsenkirchen y Wetzlar) a esos precios se agregó una compensación constante de mil francos mensuales, por gastos de alojamiento y manutención de los agentes destacados. El informante consideró equitativas las condiciones exigidas, como en oportunidad tuvo ocasión de ponerlo en conocimiento del Sr. Director.

Para facilitar la labor de sus Agentes el informante redactó un pliego de instrucciones, de manera que cuando cada usina inició la fabricación para la Dirección de Saneamiento no sobrevinieron inconvenientes y se pudo hacer cumplir el Pliego de Condiciones sin los malentendidos que suelen ocurrir en casos similares, sobre todo cuando el Pliego, como en nuestro caso, está redactado en un idioma distinto a los de los países de fabricación e intervienen varias usinas en la negociación.

Hubo necesidad de complementar las prescripciones del Pliego con algunas medidas tendientes a asegurar y facilitar las tareas de contralor: colado de barras en las salas de fabricación de tubos, número de barras o probetas

de ensayo a colar diariamente y manera de individualizarlas, etc. Por otra parte, hubo necesidad también de armonizar las prescripciones del mismo Pliego, sin alterar su espíritu, con los métodos de fabricación o forma de realizar los ensayos mecánicos en cada usina: uso de fundiciones de primera fusión mezcladas y controladas para obtener una materia prima de características similares a la fundición de segunda fusión, uso de barras de sección circular para ensayos de tracción, reducción de la duración de los ensayos a la prensa hidráulica, etc. De las interpretaciones, variaciones y complementaciones de las prescripciones del Pliego de Condiciones, el informante dió cuenta oportunamente al Sr. Director, recabando en todos los casos la aprobación o autorización correspondiente.

Para controlar las tareas de sus Agentes el informante visitó las usinas de Pont-a-Mousson, Foug y Villerupt en diversas oportunidades, cuando la fabricación de los tubos estaba en marcha, pudiendo constatar que se cumplían fielmente sus disposiciones. Por falta de tiempo disponible debido a las exigencias de las recepciones en la usina de Brebach, no pudo hacer igual cosa con las usinas de Gelsenkirchen y Wetzlar, que dicho sea de paso, sólo fabricaron tubos de enchufe y cordón de 75 mm. de diámetro. Durante sus alejamientos de Brebach fué sustituído por un empleado de "Le Contrôle Technique" a fin de no entorpecer las recepciones de los materiales.

Como se hizo constar en las Actas de Recepción labradas, que fueron remitidas por el informante en las oportunidades debidas, los ensayos mecánicos de las fundiciones empleadas para fabricar los tubos y las piezas especiales dieron siempre resultados satisfactorios. Con excepción de 5000 m. de tubos de 175 mm. y 5000 m. de tubos de 250 mm. rechazados en la usina de la Sociedad Aubrives et Villerupt por haberse utilizado moldes con dimensiones diferentes a las aprobadas por la Dirección, los materiales rechazados lo fueron siempre por acusar deficiencias de fabricación ordinarias: exudaciones, fugas, defectos de colado, deformaciones, etc. Los porcentajes de tubos rechazados en todos los establecimientos fueron normales.

En el cuadro N.° 1 se detalla el tonelaje de los materiales recibidos en cada usina que intervino en la fabricación.

Como de su actuación como Agente Receptor de la Dirección, el informante dió cuenta circunstanciada al Sr. Director a medida que se iba cumpliendo el contrato por medio de la documentación exigida por el Pliego de Condiciones respectivo y por varios informes complementarios, considera innecesario en esta oportunidad extenderse en nuevas consideraciones. Pero antes de terminar con lo relativo a la recepción de los materiales de fundición del contrato Regusci y Voulminot, desea destacar la buena voluntad demostrada en todo momento por la Sociedad Halbergerhütte para subsanar las desinteligencias o dificultades que sobrevinieron durante la fabricación y la eficacia de la colaboración del personal que "Le Contrôle Technique" puso a su servicio.

CUADRO N.° 1

Cuadro demostrativo del tonelaje de los materiales recibidos

	TONELAJE RECIBIDO		
	Total	Por el informante	Por sus agentes
	Toneladas	**Toneladas**	**Toneladas**
Usina de Brebach			
Tubos de E.-C. de diámetros inferiores a 100 mm.	1655.481	757.058	898.423
» » » » iguales o superiores a 100 mm.	1913.904	794.804	1119.100
Tubos de bridas	22.841	22.841	— —
Piezas especiales	440.388	302.318	138.070
Usina de Pont - a - Mousson			
Tubos de E.-C. de diámetros inferiores a 100 mm.	216.572	— —	216.572
» » » » iguales o superiores a 100 mm.	867.799	— —	867.799
Usina de Foug			
Tubos de E.-C. de diámetros inferiores a 100 mm.	158.264	— —	158.264
» » » » iguales o superiores a 100 mm.	318.185	— —	318.185
Usina de Villerupt			
Tubos de E.-C. de diámetros inferiores a 100 mm.	554.829	— —	554.829
» » » » iguales o superiores a 100 mm.	1646.563	— —	1646.563
Usina de Gelsenkirchen			
Tubos de E.-C. de 75 mm. de diámetro	889.047	— —	889.047
Usina de Wetzlar			
Tubos de E.-C. de 75 mm. de diámetro	881.156	— —	881.156

Resumen de los materiales recibidos

Tubos de E. - C. de diámetros inferiores a 100 mm.	4355.349	757.058	3598.291
» » » » iguales o superiores a 100 mm.	4746.451	794.804	3951.647
Tubos de bridas	22.841	22.841	— —
Piezas especiales	440.388	302.318	138.070

II — Trabajos relacionados con las recepciones de materiales encomendadas al "Bureau Veritas" y a "Le Contrôle Technique"

Apesar de lo acordado con los Jefes de servicio de la casa central de París del "Bureau Veritas" al informante no se le comunicó la fecha de iniciación de la fabricación de los materiales de acero en las usinas de la Sociedad Tubos Mannesmann de Düsseldorf, razón por la cual no pudo trasladarse en tiempo a esa localidad para presenciar su fabricación, como lo habría deseado. El "Bureau Veritas" le comunicó unicamente la terminación de las tareas que se le habían confiado, enviándole una copia de las Actas de Recepción labradas en las fábricas.

A solicitud del "Contrôle Technique" antes de que se iniciara la fabricación de los aparatos y accesorios en la Usina de la Sociedad Bopp & Reuther, en Mannheim, el informante se trasladó a esa localidad para asesorar al Agente de dicha casa receptora y para tener una impresión personal de la importancia del establecimiento.

Como el suscrito se lo expresara oportunamente al Señor Director, la visita fué de resultados beneficiosos permitiendo establecer definitivamente el alcance de muchas prescripciones del Pliego de Condiciones sobre las cuales los Jefes de los servicios técnicos de la casa Bopp & Reuther no tenían una idea exacta.

Para verificar el cumplimiento del Pliego por parte de la fábrica y la casa receptora, el suscrito se trasladó a Mannheim dos meses después, cuando se realizaba la recepción del primer lote de materiales fabricados, no comprobando ninguna anormalidad. De lo actuado dió cuenta al Sr. Director ampliamente en su oportunidad.

A pedido de "Le Contrôle Technique" el informante visitó la fundición de la Sociedad Passavant, en Nassau, donde estaban en vías de fabricación 13 válvulas de compuertas de distintos diámetros del contrato suscripto por la Sociedad Tubos Mannesmann S. A. Como es del conocimiento del Sr. Director, esa visita dió origen a una extensa consulta sobre la forma de ensayar y recibir los materiales mencionados en vista de las observaciones formuladas por el suscrito al fabricante y los descargos de este último, y permitió adoptar algunas medidas tendientes a hacer cumplir las prescripciones del Pliego de Condiciones.

De acuerdo con lo dispuesto por el Sr. Director, en Enero de 1930 el suscrito intervino en las tramitaciones relacionadas con la contratación de los servicios de "Le Contrôle Technique" para la recepción en fábrica de cuatro electrobombas destinadas a la Usina de provisión de agua de la ciudad de Florida. A pedido de la mencionada casa receptora, intervino en la traducción al francés del Pliego de Condiciones respectivo para facilitarle el mejor cumplimiento de los cometidos que se le confiaran.

Por dificultades originadas por sus otras ocupaciones no pudo presenciar la recepción de esas maquinarias en las usinas de las Compañías "Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft" y "Klein, Schanzlin Beker" en Berlín y Frankenthal, respectivamente.

PARTE SEGUNDA

INSTALACIONES DE SANEAMIENTO VISITADAS

En esta parte de este informe se describen las instalaciones de provisión de agua potable y recolección y depuración de las aguas residuales de las ciudades visitadas en la gira de estudio, que por la ya mencionada resolución del Consejo Nacional de Administración del 5 de Setiembre de 1929, se le encomendó al suscrito.

Para facilitar la exposición se describen en primer término todas las instalaciones relacionadas con la provisión de agua potable de esas poblaciones y después las instalaciones de recolección y depuración de las aguas residuales.

I — INSTALACIONES DE PROVISION DE AGUA POTABLE

Usinas de bombeo y purificación de agua de la ciudad de París y pueblos circunvecinos

El informante tuvo ocasión de visitar las usinas municipales de filtración y bombeo de Saint Maur y de Ivry (1) del abastecimiento de la ciudad de París y la usina de Choisy - le Roi que la "Compagnie Générale des Eaux" mantiene en funcionamiento para abastecer los pueblos circunvecinos. (Banlieu de París).

Esos tres establecimientos son similares. Sus instalaciones de filtración datan de más de veinte años, aunque fueron motivo de transformaciones posteriores para aumentar su capacidad y reducir el costo de los tratamientos. Los filtros de arena de los tres establecimientos son del tipo conocido por filtros lentos o ingleses y tratan aguas que han sufrido antes una o dos filtraciones preliminares a través de lechos de cantos rodados pequeños o de arena (desbastadores y prefiltros).

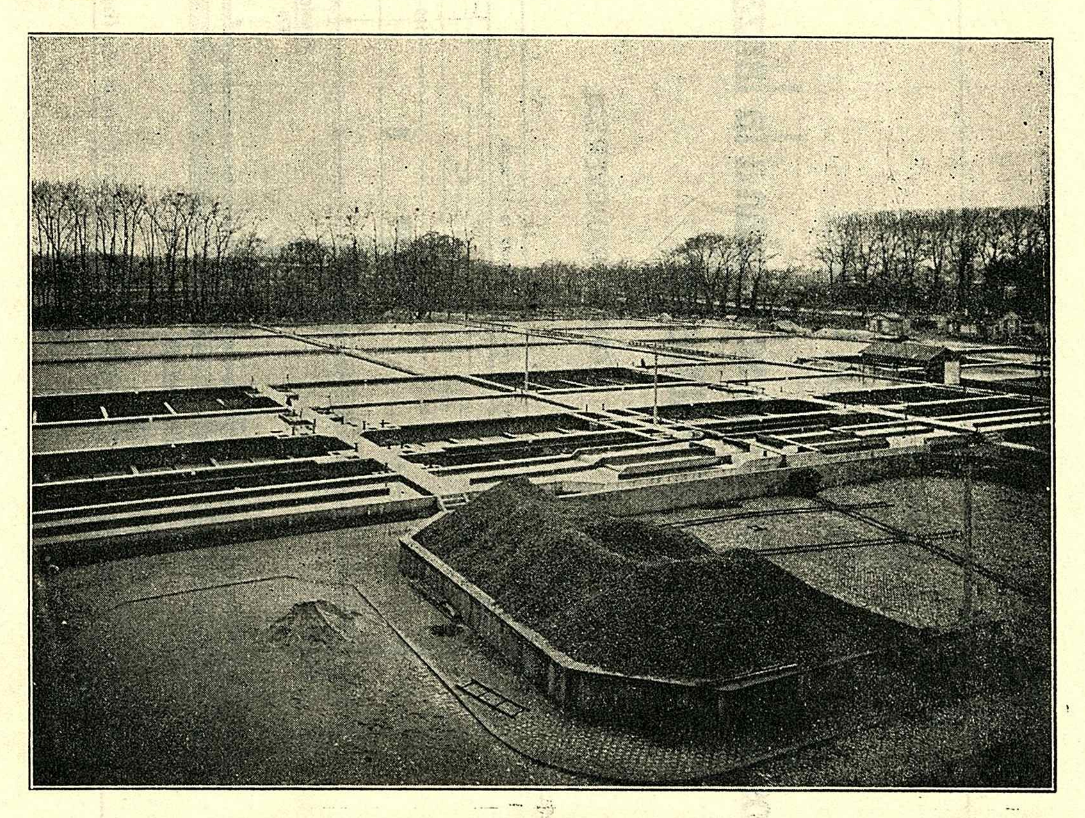
A continuación se detallan las características principales de las usinas de Saint - Maur, Ivry y Choisy - le Roi.

En la usina de Saint - Maur, Fig. 1, el agua sufre dos filtraciones sucesivas en lechos de arena de constitución similar. El agua bruta del río Marne es elevada mecánicamente y conducida hasta los prefiltros por medio de tuberías de fundición y canales de hormigón cubiertos. El efluente de los prefiltros pasa a los filtros por gravitación y por medio de canales también cubiertos. El agua filtrada pasa a los túneles de aspiración de las bombas que la elevan a los tanques de distribución, previa cloración por medio de hipoclorito de sodio.

Los prefiltros y los filtros ultimamente reformados, están constituídos por cámaras de hormigón armado divididas en varios compartimentos o secciones por medio de tabiques, Fig. 2. En el centro de cada sección hay una canaleta, destinada a recoger y evacuar las aguas de limpieza, cuyos bordes es-

(1) En Ivry hay dos usinas: la llamada Ivry N.° 1 que es una estación de bombeo de agua bruta del río y la llamada usina de Ivry N.° 2, que dista de la otra unos 300 m. y es una estación de bombeo y filtración independiente de la anterior. Esta última fué la que el informante visitó.

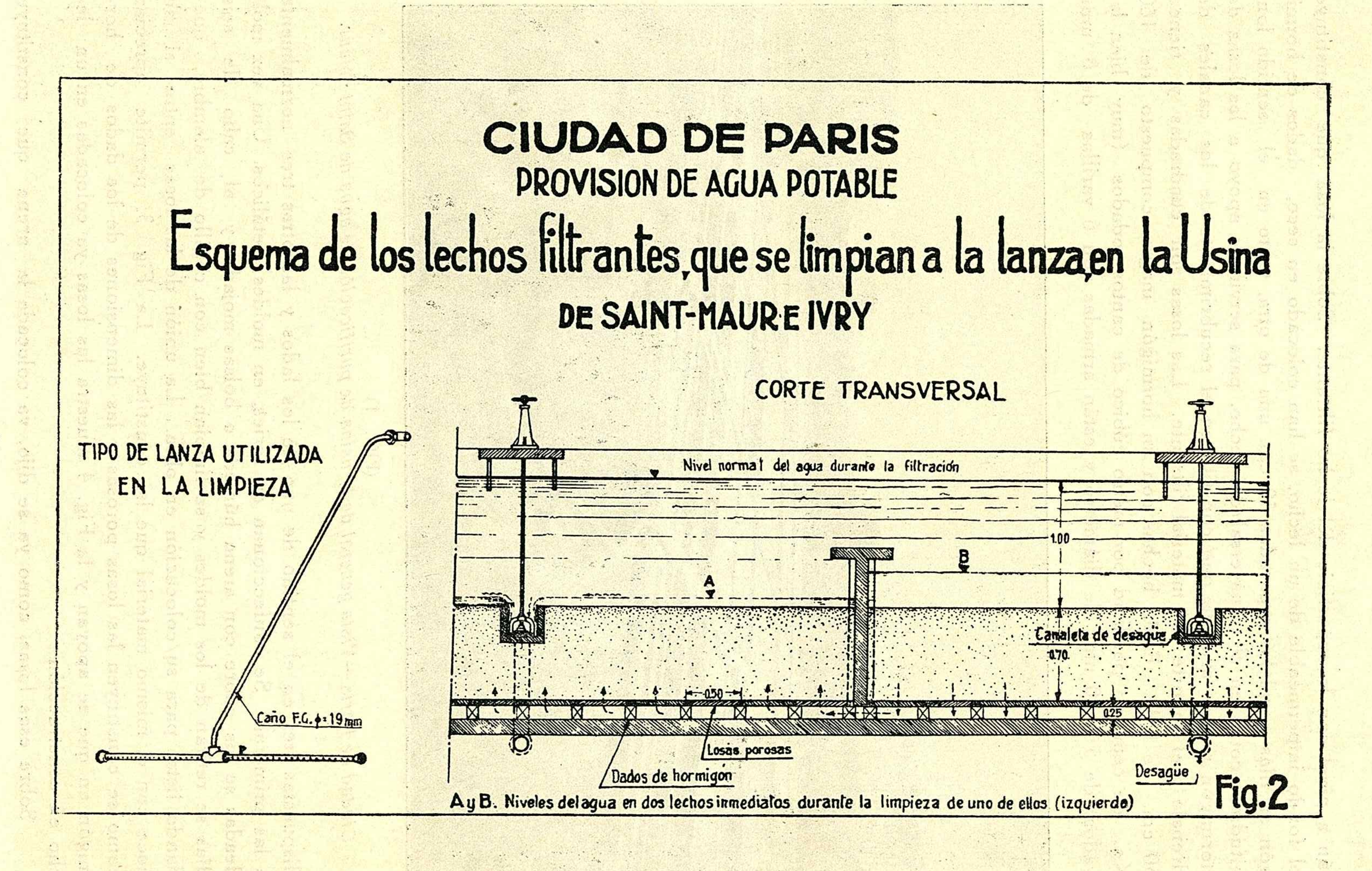
tán a nivel con la superficie del lecho filtrante. Sobre la losa que constituye el fondo impermeable de un lecho, se han colocado en seco, dados de hormigón en filas paralelas separadas 50 cm. una de otra, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal del lecho, para servir de apoyo a las losas de hormigón poroso armado que constituyen el recubrimiento de los canales de drenaje y el soporte del material filtrante. Las losas son cuadradas y tienen 50 cm. de lado. Están hechas con un hormigón magro compuesto de 160 Kg. de cemento portland por metro cúbico de cantos rodados (muy bien lavados) de 5 a 10 mm. de diámetro y están armadas con 6 varillas de 8 mm.

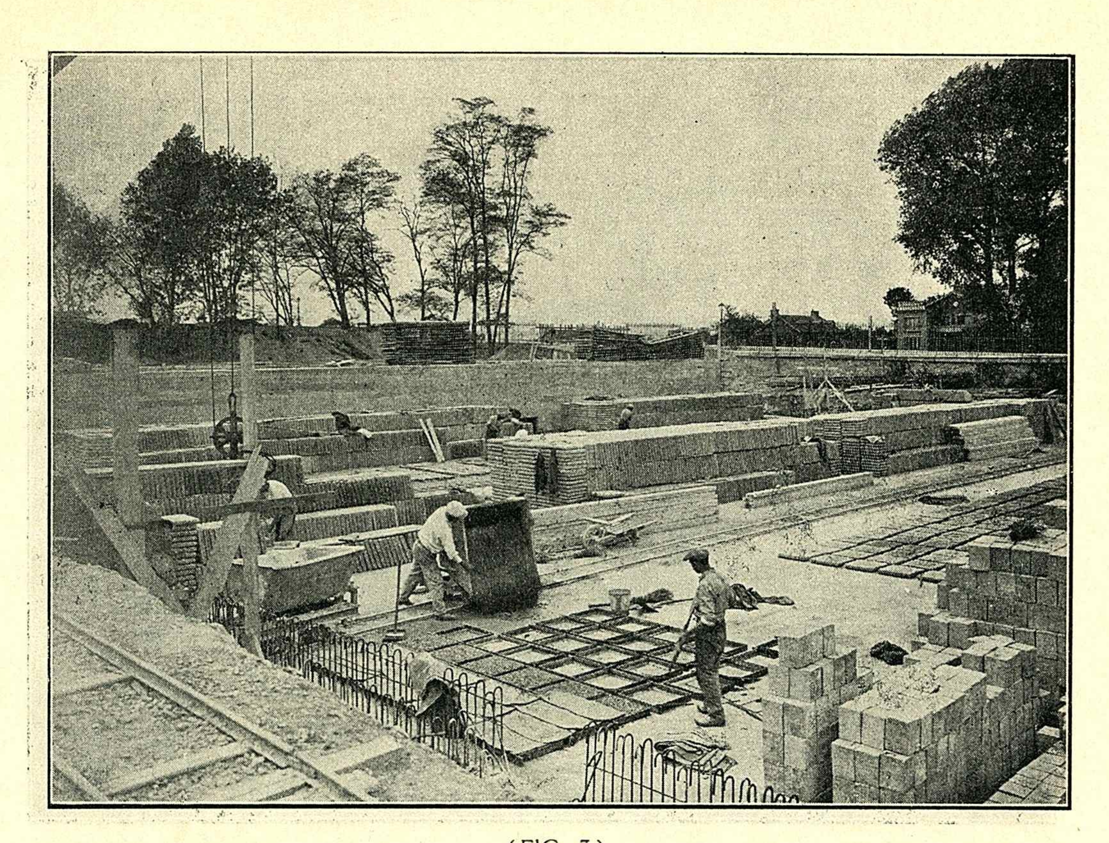


(FIG. 1)
Ciudad de Paris.—Vista general de la usina de purificación de agua de Saint-Maur.

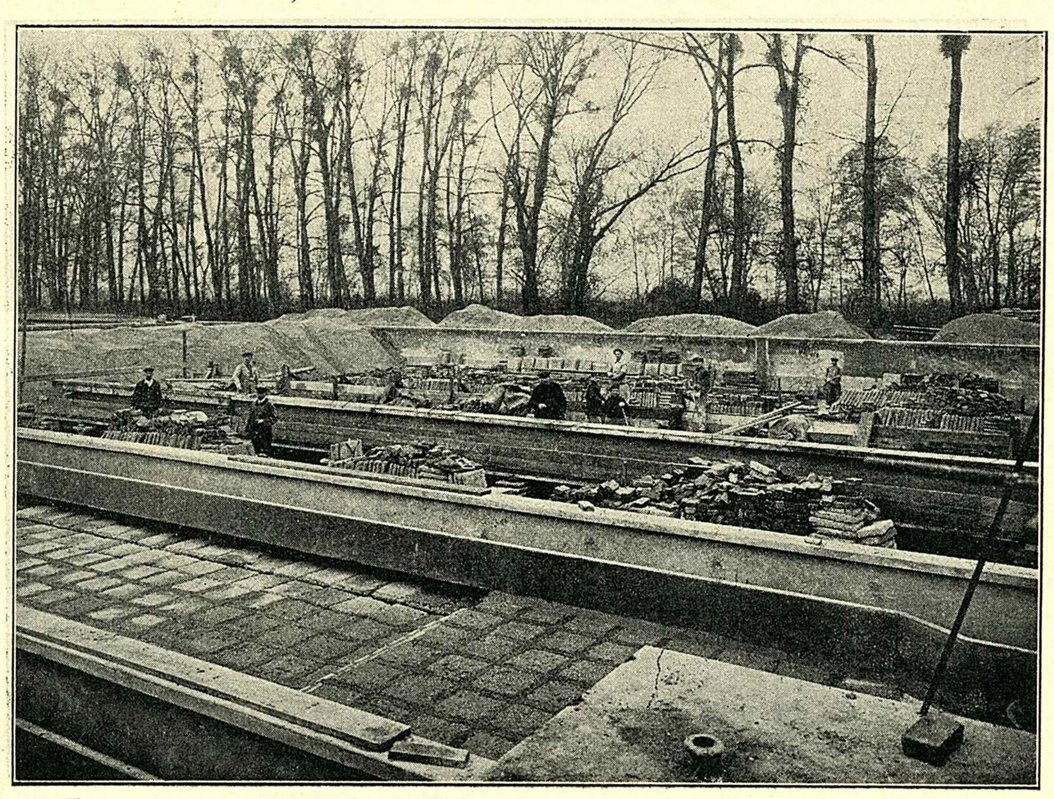
dispuestas tres en el sentido de uno de los lados y las otras tres normalmente a las primeras. Se confeccionan en series, en moldes metálicos. Una vez moldeadas se las cubre con arena húmeda o bolsas mojadas y al cabo de seis días se retiran de los moldes y se limpian bien con cepillo de alambre, quedando listas para su colocación en obra. La unión de las losas entre sí se hace con el mismo material que las constituye. La Fig. 3 permite apreciar como se construyen las losas porosas y las dimensiones de los dados de hormigón en que se apoyan y la Fig. 4 muestra las losas ya colocadas en un lecho en construcción.

Sobre esas losas, como ya se dijo, va colocada la arena que constituye

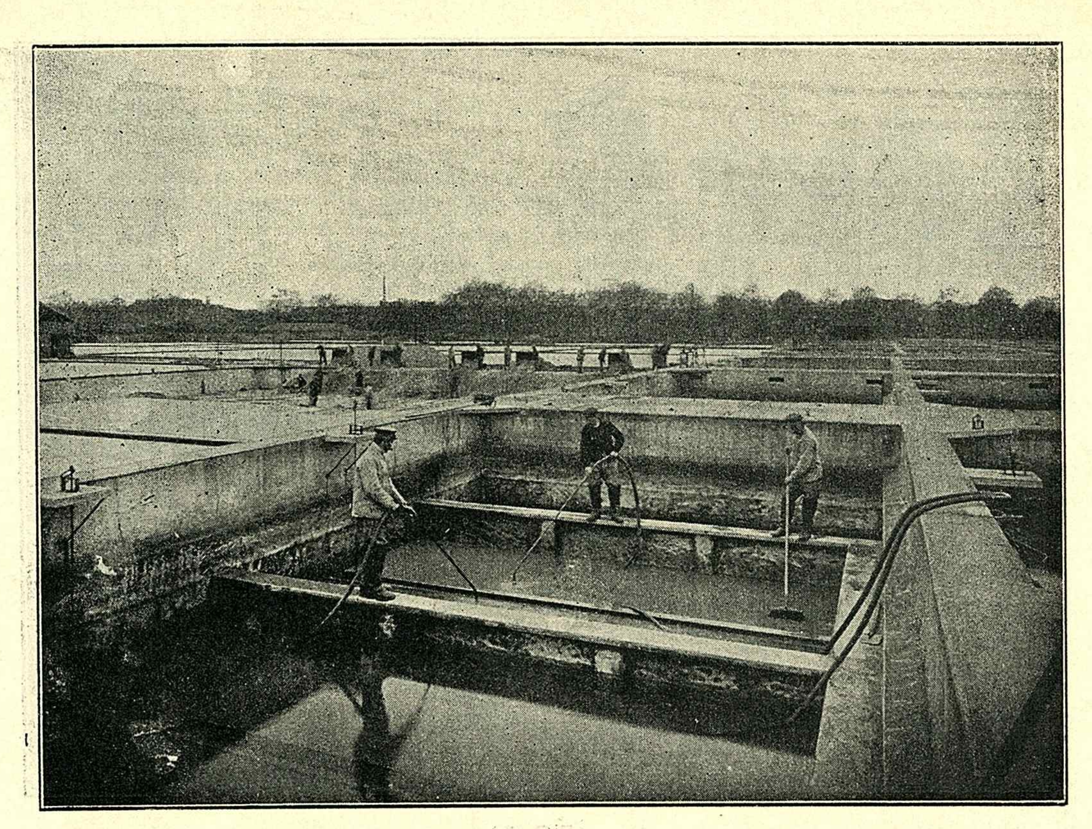

CIUDAD DE PARIS
PROVISION DE AGUA POTABLE
Esquema de los lechos filtrantes, que se limpian a la lanza, en la Usina
DE SAINT-MAUR E IVRY
CORTE TRANSVERSAL
TIPO DE LANZA UTILIZADA
EN LA LIMPIEZA
Nivel normal del agua durante la filtración
A
B
1.00
0.70
0.25
0.50
Canaleta de desagüe
Caño F.G. ϕ = 19 mm
Losas porosas
Dados de hormigón
Desagüe
A y B. Niveles del agua en dos lechos inmediatos durante la limpieza de uno de ellos (izquierdo)
Fig. 2



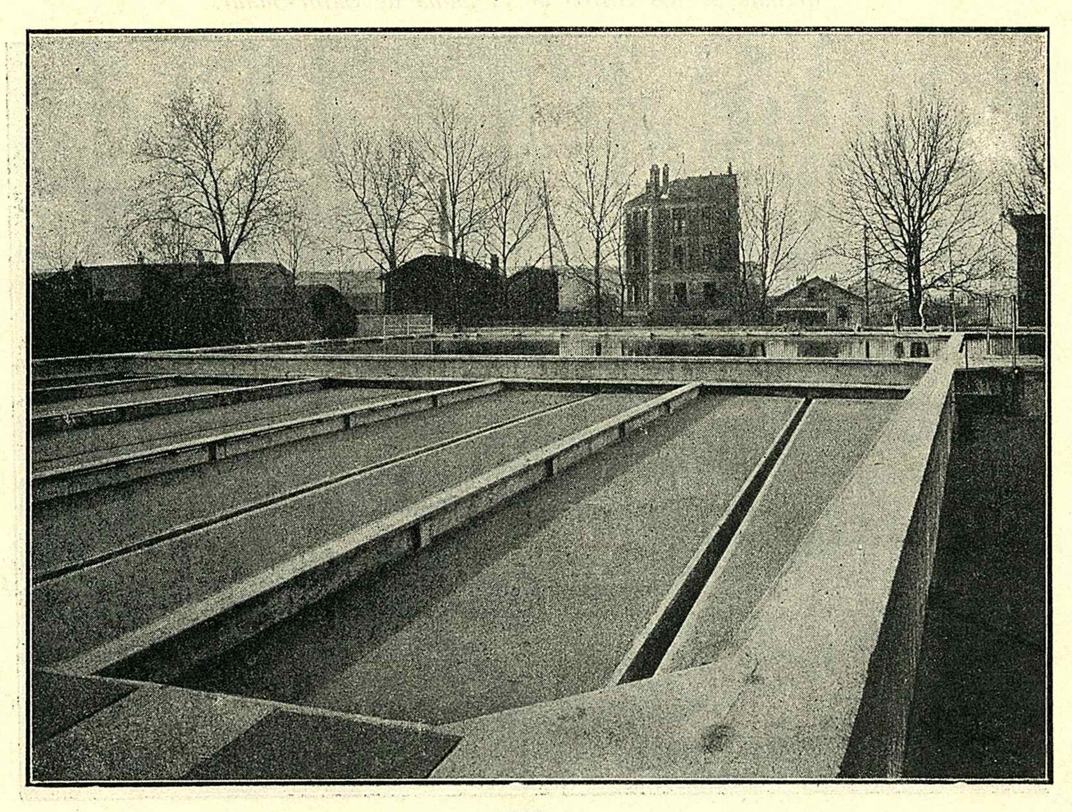
(FIG. 3)
Ciudad de Paris.—Forma en que se construyen las losas porosas que constituyen el drenaje de los filtros de la usina de Saint-Maur.



(FIG. 4)
Ciudad de Paris. — Vista de lechos filtrantes en construcción.



(FIG. 5)
Ciudad de Paris.—Limpieza de un filtro a la lanza.

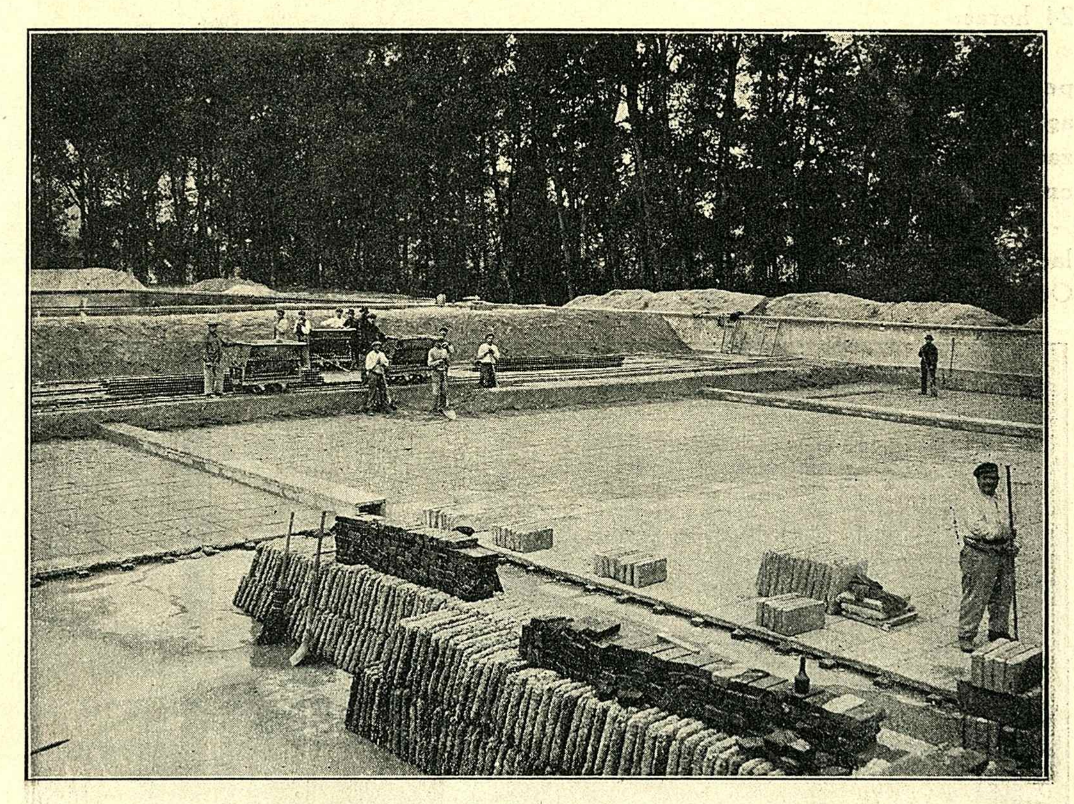


(FIG 6)
Ciudad de Paris. — Lechos filtrantes del tipo de limpieza a la lanza, de la usina de Yvry.

el material filtrante. Las arenas utilizadas son de río tamizadas en tamices de mallas de 1.5 mm. El espesor de las capas filtrantes es de 70 cm. tanto en los prefiltros como en los filtros.

La superficie total de los prefiltros es de 6250 m.^{2} y la de los filtros de 16000 m.^{2}. La velocidad de filtración en los prefiltros es de 25 a 40 m.^{3} por m.^{2} y día y en los filtros de 10 m.^{3} por m.^{2} y día.

Para limpiar uno de los lechos descriptos se limpia una sección después de otra, utilizando el sistema llamado "a la lanza". Se comienza por hacer descender el nivel del agua en la sección a limpiar hasta unos centímetros



(FIG. 7)

Ciudad de Paris. — Drenaje de los filtros más antiguos de la usina de Saint-Maur.

sobre el nivel de la arena y luego valiéndose de unos caños perforados o lanzas, Fig. 2, se remueve por medio de agua a presión la suciedad del lecho, que será arrastrada hasta la canaleta de desagüe central por el agua proveniente de las mismas lanzas y de las secciones inmediatas, que pasará a través del drenaje y el lecho que se limpia. La Fig. 5 muestra como se hace una limpieza a la lanza.

La Fig. 7 permite apreciar la forma en que está constituído el drenaje de los filtros más antiguos de Saint - Maur, lechos que se limpian a pala retirando una capa de arena de espesor no mayor de 2 cm. en cada oportunidad, material que se lava afuera del lecho, posteriormente. Dicho drenaje está cons-

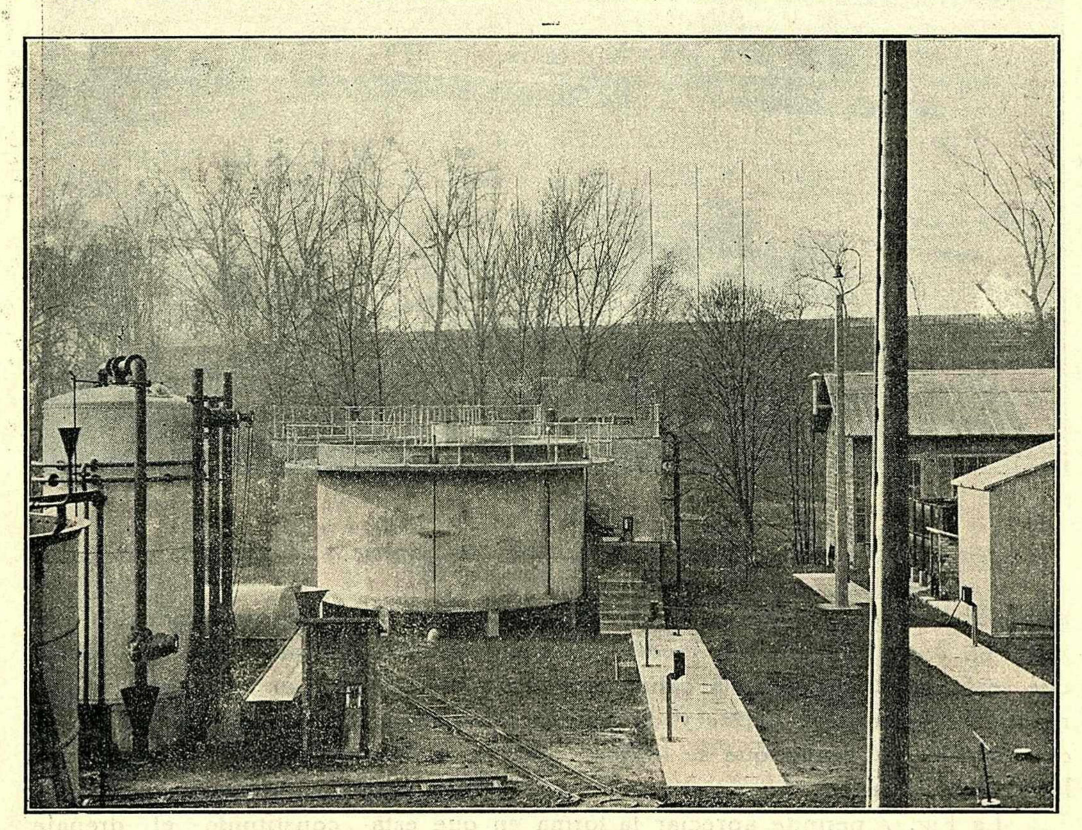
tituído por losas porosas que se apoyan en dados de hormigón similares a los mencionados al hablar de los otros lechos filtrantes.

Las aguas filtradas en Saint - Maur son esterilizadas con hipoclorito de sodio antes de ser elevadas a la ciudad, por medio de dispositivos similares a los que se usaban en la usina de Ivry, que más adelante describiremos, y en dosis calculadas de acuerdo con los principios preconizados por el "Servicio de Vigilancia de las aguas de alimentación", de París, que describiremos también más adelante.

La usina de Saint - Maur puede filtrar y elevar hasta 200000 m.^{3} cada 24 horas.

En la usina de Saint - Maur se ha utilizado con resultado satisfactorio el permanganato de potasio como coagulante, sobre todo cuando la turbidez del agua bruta provenía de la arcilla en estado coloidal. Las dosis medias utilizadas fueron de 3 milígramos por litro y el permanganato era agregado a la entrada del agua en los prefiltros.

El informante tuvo ocasión de ver en la usina de Saint - Maur las instalaciones de ozonización construídas por las casas que explotan las patentes Otto y Siemens - Halske (ex - Siemens - de Frise) de acuerdo con las bases



(FIG. 8)

Ciudad de Paris. — Vista de las instalaciones experimentales de purificación de agua de la usina de Saint - Maur.

de un concurso abierto hace más de veinte años. Esas instalaciones funcionaron hasta el año 1915. Después de la guerra volvieron a funcionar un tiempo pero luego, por razones de economía, se dejaron fuera de uso. Los fabricantes les han introducido ultimamente modificaciones, con el objeto de reducir el costo de funcionamiento, pero los ensayos de verificación no han vuelto a reiniciarse todavía.

En la misma usina tuvo oportunidad de apreciar también las instalaciones experimentales de purificación presentadas a un concurso abierto por la Municipalidad de París hace unos años para la elección del tipo de planta de purificación a adoptar para las instalaciones que se construyan en un futuro inmediato Las instalaciones, algunas de las cuales pueden verse en la Fig. 8, no funcionaban el día que el informante visitó las usinas de Saint - Maur.

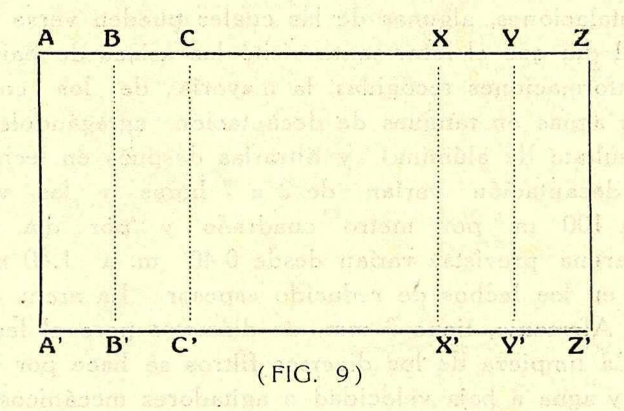
Según las informaciones recogidas, la mayoría de los concursantes ha previsto tratar las aguas en tanques de decantación, agregándoles previamente un coagulante (sulfato de alúmina) y filtrarlas después en lechos de arena. Los períodos de decantación varían de 2 a 7 horas y las velocidades de filtración de 60 a 100 m.^{3} por metro cuadrado y por día. Los espesores de las capas de arena previstas varían desde 0.40 m. a 1.40 m. utilizándose arenas más finas en los lechos de reducido espesor. La arena del filtro de la casa Boltman, de Alemania, tiene 3 mm. de diámetro pero el lecho tiene 1.40 m. de espesor. La limpieza de los diversos filtros se hace por medio de insuflación de aire y agua a baja velocidad o agitadores mecánicos y agua a baja velocidad; no empleándose en ninguno de los filtros presentados el agua sola a alta velocidad, como en las instalaciones norte - americanas y las construídas en nuestro país. Casi todos los filtros tienen controladores de filtración.

Sólo dos firmas, una francesa y otra alemana, han presentado instalaciones de filtración sin decantación previa. Los lechos están constituídos por una capa de arena uniforme de 3.00 m. y 3.20 m de espesor, que se limpian por insuflación de aire y agua a baja velocidad

En la usina de Ivry se purifica el agua del Sena, que sufre con ese objeto primero una filtración grosera a través de lechos de cantos rodados o desbastadores, y luego una doble filtración en lechos de arena en los prefiltros y filtros.

Hay 40 desbastadores con una superficie total de 2490 m.^{2}. Cada desbastador consta de un lecho de 30 cm. de espesor de cantos rodados del Sena, de 4 a 8 mm. de diámetro, encerrado en una cámara de hormigón armado y sostenido por una plancha metálica perforada que constituye el recubrimiento del canal de drenaje y recolección de las aguas desbastadas. Estos lechos son atravesados por el agua en funcionamiento normal a una velocidad media de 100 m.^{3} por metro cuadrado y por día. Para limpiar un lecho se procede así: se retiran a pala las materias acumuladas sobre la superficie y una capa de reducido espesor de cantos rodados que en la parte superior aparece siempre mezclada con mucho limo. A continuación se retira toda la

gravilla de una faja A B - A'B', Fig. 9, se introduce agua filtrada por medio de una canalización especial, de abajo a arriba, a través de las chapas perforadas que constituyen el soporte del material filtrante y se traspasa a pala la gravilla de la zona inmediata B C - B'C' al recinto ocupado antes por la faja A B - A'B' tratando de que la gravilla se despoje de todas las materias extrañas, que pasarán a un canal de desagüe arrastradas por el agua utilizada en la operación. La limpieza del lecho se continúa de esa manera hasta que el material filtrante de la zona Y - Z - Y'Z' se coloca en la zona X Y - X'Y'; emplazándose enseguida en la parte Y Z - Y'Z' el material retirado de la faja A B - A' B' que se habrá limpiado fuera del lecho.



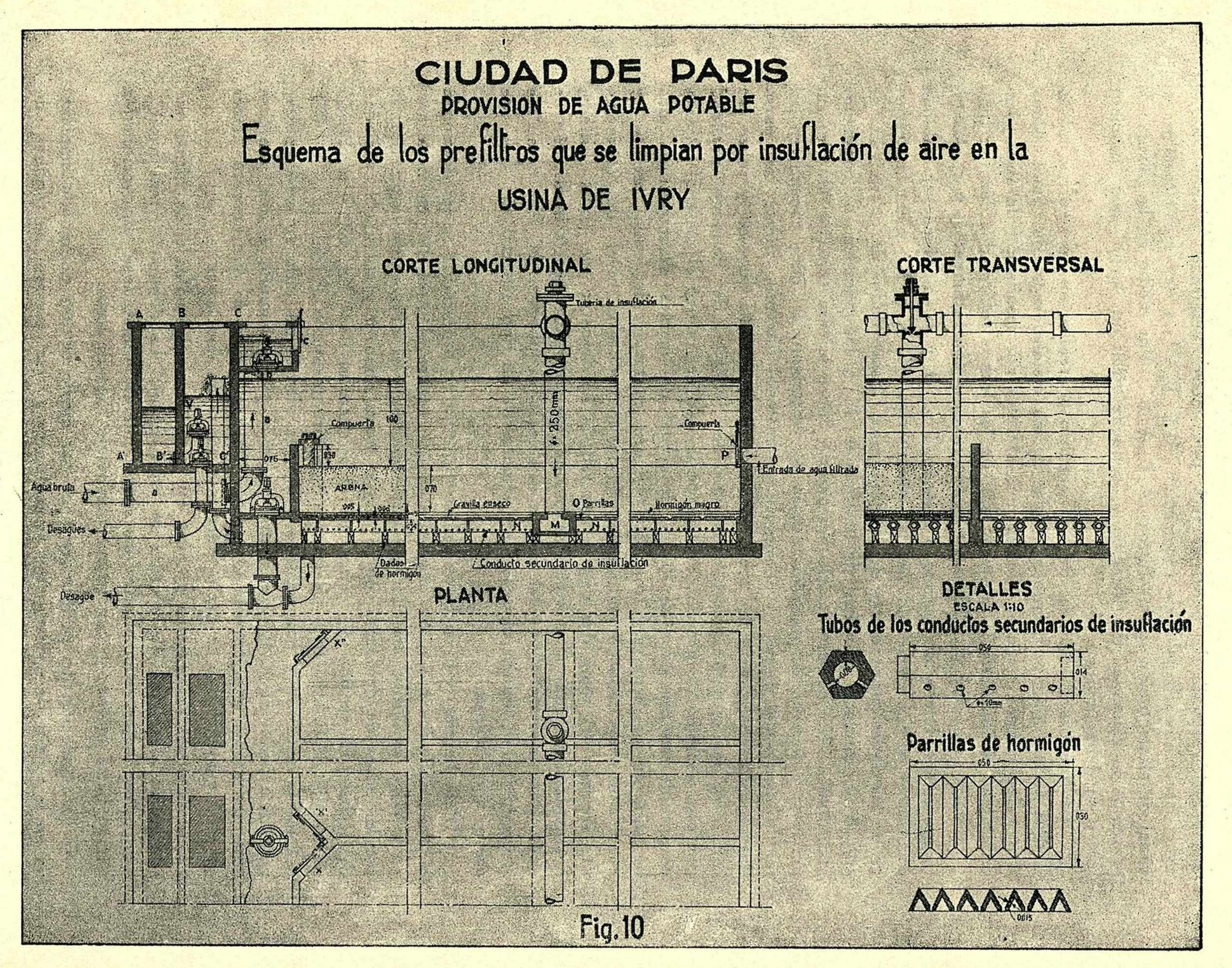
(FIG. 9)

Según los informes que nos fueron suministrados, el sistema sería eficaz pero muy oneroso por requerir mucha mano de obra; habiéndose resuelto por esa causa en 1929 transformar los desbastadores para que puedan limpiarse por medio de aire insuflado, en la forma que más adelante detallaremos. Los trabajos de transformación estaban en sus comienzos cuando el informante visitó las instalaciones de Ivry.

El agua desbastada pasa a los prefiltros, de los que hay 104 unidades con una área total de 10400 m.². Actualmente hay dos tipos de prefiltros en funcionamiento: los que se limpian a la lanza, que son la gran mayoría y que se irán paulatinamente reformando, y los que se limpian por insuflación de aire, que constituyen un reducido grupo de lechos modificados como más adelante se dirá, de acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos realizados expresamente.

El agua desbastada llega a los prefiltros de ambos tipos, por medio de una tubería *a - a*, Fig. 10, que descarga en un canal de alimentación, de donde pasa el agua a los lechos después de atravesar la válvula *b*. En los días de frío intenso se cierran las válvulas *b* y se hace pasar el agua a través de las compuertas *c* para producir una caída algo violenta que origina una ligera agitación del agua sobre los lechos, capaz de evitar la congelación. Ese sistema ha resultado eficaz aún en días en que la temperatura ha descendido hasta — 16 °C.

Después de atravesar los lechos filtrantes (constituídos por una capa de 0.70 m. de espesor de arena tamizada en tamices de mallas de 1.5 cm.) a


CIUDAD DE PARIS
PROVISION DE AGUA POTABLE
Esquema de los prefiltros que se limpian por insuflación de aire en la
USINA DE IVRY
CORTE LONGITUDINAL
CORTE TRANSVERSAL
Tubería de insuflación
Compuerta
Compuerta
Entrada de agua filtrada
ARENA
Gravilla grueso
Parrillas
Hormigón magro
Dados de hormigón
Conducto secundario de insuflación
Agua bruta
Desagües
Desagüe
PLANTA
DETALLES
ESCALA 1:10
Tubos de los conductos secundarios de insuflación
Parrillas de hormigón
Fig. 10

una velocidad media de unos 40 m.^{3} por metro cuadrado y por día, el agua pasa a unos canales de recolección B C - B' C' y de esos canales al canal de alimentación de los filtros A B - A' B'. Por medio de la válvula V se regula la velocidad de filtración y se puede aislar un lecho que funcione mal o se deba limpiar.

La limpieza a la lanza de un prefiltro se realiza en una forma semejante a la que hemos descrito al hablar de las instalaciones de Saint - Maur. Antes de expresar como se limpia un prefiltro por insuflación de aire, describiremos rápidamente la conformación de los lechos reformados con ese fin.

Cada lecho fué dividido en tres secciones o compartimentos por dos tabiques longitudinales de hormigón armado, Fig. 10, y se modificó el tabique transversal para poder establecer las compuertas X, X' y X" para la descarga de las aguas provenientes de las limpiezas. Sobre dados de hormigón se colocó un conducto principal de insuflación M y los ramales o conductos secundarios N, construídos de hormigón. Sobre la cara superior de los ramales se colocaron las parrillas o rejas de hormigón 0 que constituyen el recubrimiento del drenaje y el soporte del material filtrante. Sobre las parrillas se colocó una capa de 5 cm. de espesor de gravilla en seco y sobre esa capa otra de hormigón magro compuesto de 160 Kg de cemento portland por metro cúbico de gravilla, encima de la cual se colocó el material filtrante constituído por una capa de 70 cm. de arena, de iguales características que la usada en los otros prefiltros. En el muro posterior de cada prefiltro y en el centro de cada compartimento se practicó, sobre el nivel de la arena, una abertura P para dar paso a una tubería de descarga de agua filtrada, destinada a arrastrar al desagüe las inmundicias removidas por la insuflación de aire. Para la distribución del aire se establecieron tuberías de 250 mm. de "Eternit" para reducir el peso, con válvulas de un tipo especial de caja de acero, muy livianas.

Para limpiar uno de estos lechos filtrantes se procede así: se desciende el nivel del agua hasta una altura de 20 cm. sobre el nivel del lecho de arena y luego se insufla aire durante unos minutos y se deja entrar agua filtrada por las bocas de descarga, con lo que se logra remover y eliminar la suciedad del lecho. La presión del compresor al arrancar es de 1 Kg. 200 y la presión de trabajo de 0 Kg. 600. La cantidad de aire insuflado es de 15 l. a 18 l. por metro cuadrado y por segundo. El agua filtrada utilizada en las limpiezas penetra a razón de lt. 0.5 por metro cuadrado y por segundo y una limpieza dura una media hora aproximadamente. La insuflación de aire permite hacer en ese tiempo lo que se hacía antes a la lanza en dos horas.

Los filtros de la usina de Ivry son sensiblemente iguales a los filtros que se limpian a la lanza en la usina de Saint - Maur. La diferencia más notable es que los lechos están construídos sobre pilares, pudiéndose inspeccionarlos por su parte inferior y constatarse cualquiera fuga de agua.

La regulación de un filtro se hace por medio de una compuerta emplazada en la tubería de descarga del agua filtrada a una cámara subterránea de

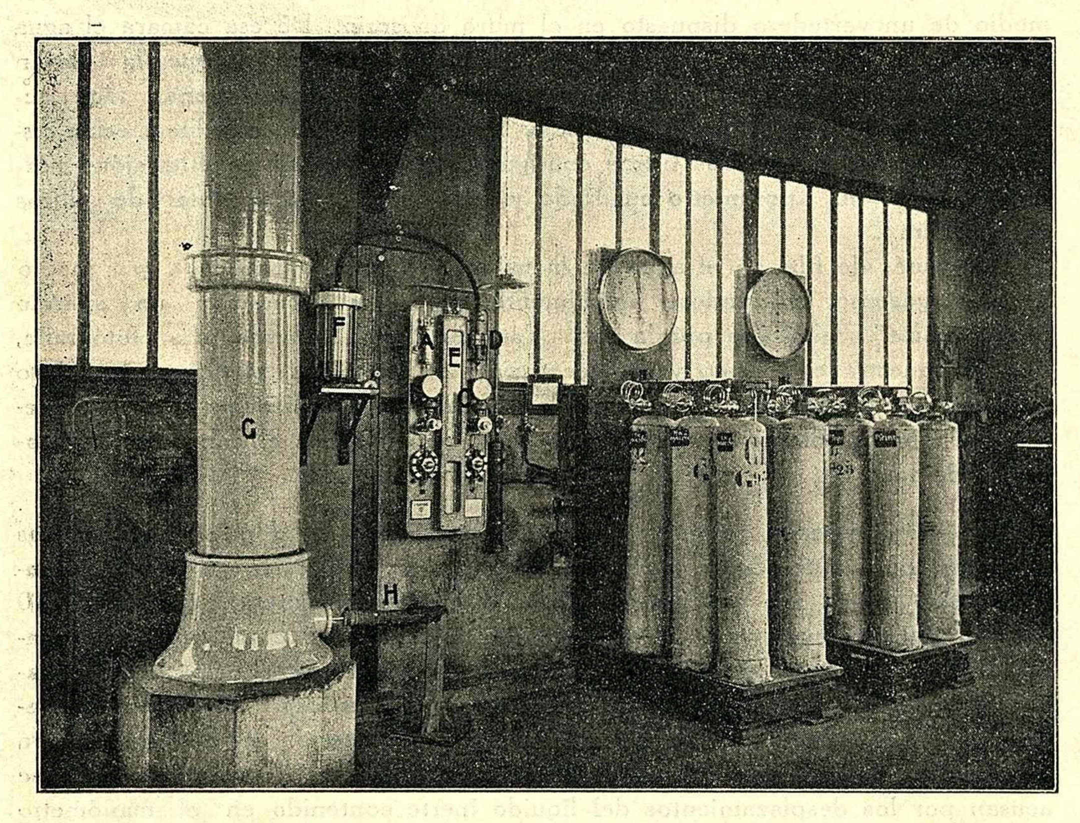
doble compartimento, en la que se pueden medir los caudales filtrados por medio de un vertedero dispuesto en el muro divisorio. De esa cámara el agua filtrada pasa por gravitación al pozo de succión de las bombas que la elevan a la ciudad. Los locales donde están instaladas esas cámaras tienen fácil acceso y techos de cristales para su mejor iluminación. En cada local están dispuestas las cámaras de dos filtros contiguos. La velocidad de filtración normal es de 10 $m.^3$ por metro cuadrado y por día y el área total de filtros de 36450 $m.^2$.

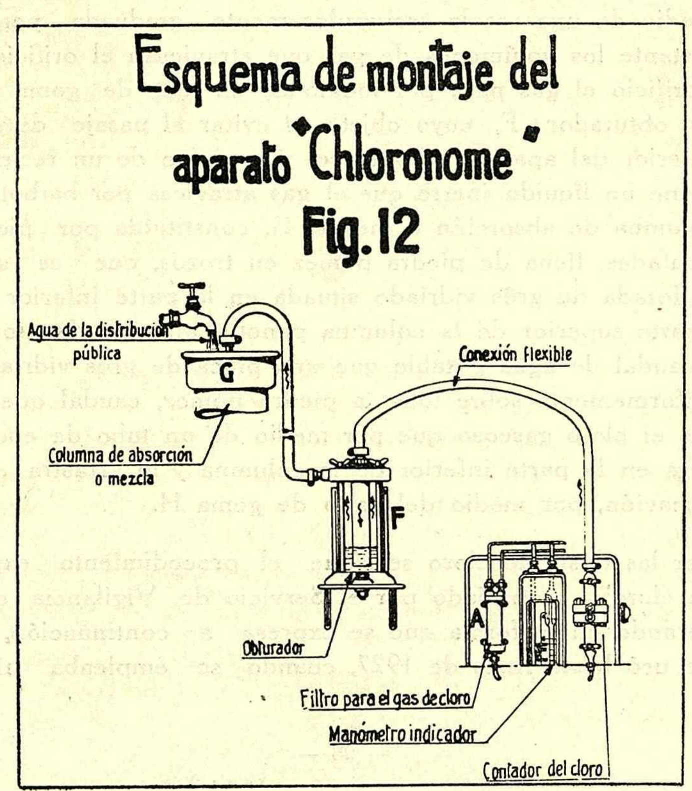
Después de filtrada el agua de la usina de Ivry es esterilizada por medio de cloro gaseoso, utilizándose actualmente para esa operación un aparato "Chloronome" fabricado por la casa Paterson, de Londres. La fotografía, Fig. 12, muestra el aparato y sus accesorios, así como los cilindros de cloro líquido y las básculas en que se emplazan durante la utilización de su contenido; el croquis complementario indica como se introduce el cloro en la columna de mezcla.

El cloro gaseoso después de atravesar un filtro A donde abandona sus impurezas pasa a través de las válvulas reductoras de presión B y C, saliendo de esta última con una presión de 0.7 Kg. por centímetro cuadrado (10 lbs. por pulgada cuadrada). El gas atraviesa enseguida el contador D que consiste en un diafragma de plata que tiene un orificio de área perfectamente calibrada y un manómetro de cristal, encerrado en una caja E, cuyos extremos están conectados con las cámaras anterior y posterior del diafragma, para registrar las depresiones del gas al atravesar el orificio, depresiones que se acusan por los desplazamientos del líquido inerte contenido en el manómetro y que por medio de una escala escrupulosamente graduada permite conocer en cada instante los volúmenes de gas que atraviesan el orificio. Después de atravesar el orificio el gas pasa por medio de un tubo de goma inatacable a un dispositivo obturador F, cuyo objeto es evitar el pasaje de la humedad exterior al interior del aparato. Consta el dispositivo de un recipiente de cristal que contiene un líquido inerte que el gas atraviesa por barboteo antes de pasar a la columna de absorción o mezcla G, constituída por piezas de grés vidriado enchufadas, llena de piedra pómez en trozos, que es sostenida por una placa perforada de grés vidriado situada en la parte inferior de la columna. Por la parte superior de la columna penetra mientras funciona el aparato un pequeño caudal de agua potable que una placa de grés vidriado perforada distribuye uniformemente sobre toda la piedra pómez, caudal que en su descenso absorbe el cloro gaseoso que por medio de un tubo de ebonita descendente, descarga en la parte inferior de la columna y lo arrastra en solución al punto de aplicación, por medio del caño de goma H.

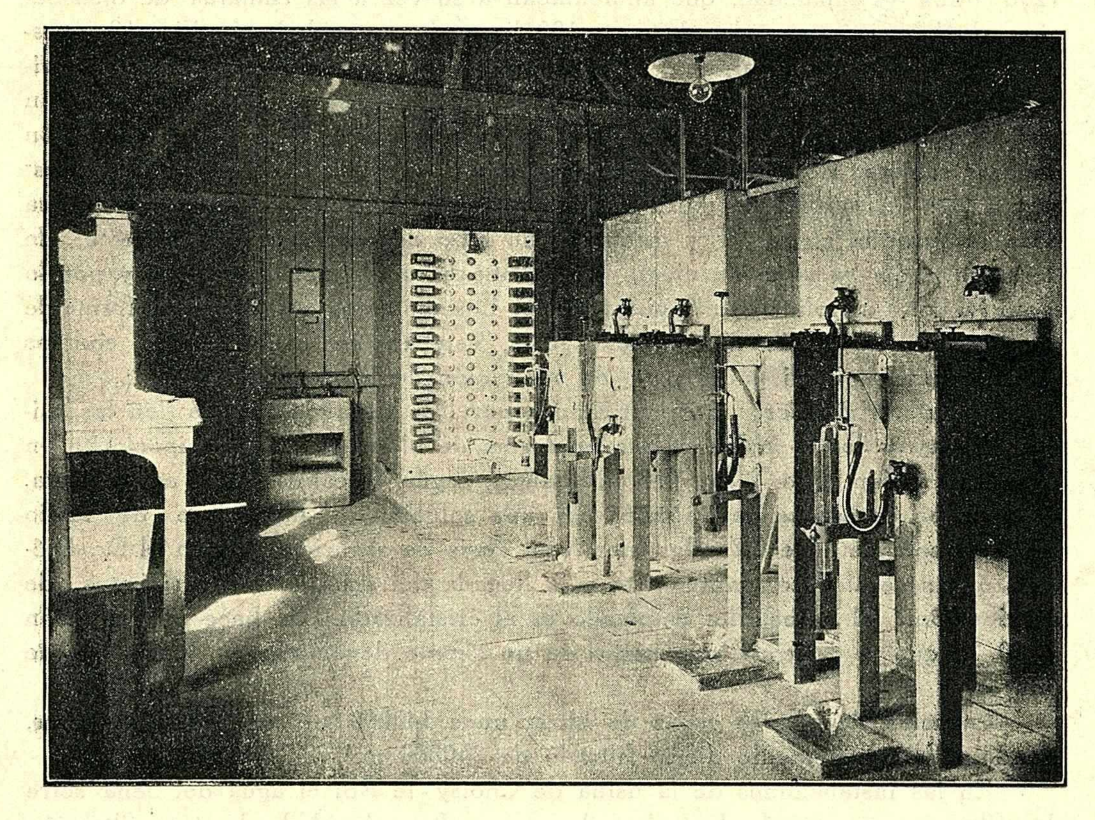
Para fijar las dosis de cloro se sigue el procedimiento experimental de la "gama de cloro" aconsejado por el Servicio de Vigilancia de las aguas de París, operando en la forma que se expresa a continuación, y que es el mismo que se usó hasta fines de 1927, cuando se empleaba hipoclorito de sodio.

Ciudad de Paris. — Vista de un aparato clorador "Chloronome" de la usina de Yvry y esquema de su montaje.





Se tomaban diez frascos cada uno con un litro del agua a tratar, añadiendo después a cada uno de ellos una dosis distinta de hipoclorito, siguiendo un orden creciente determinado (0.05 mlgr., 0.1 mlgr., etc. de cloro libre). Enseguida se colocaban los frascos a la temperatura que tenía el agua a tratar en las canalizaciones y en la oscuridad. Al cabo de un tiempo fijado de antemano, de media hora a dos horas, se introducía en cada frasco 1 gr. de sal amoníaco, 1 gr. de ioduro de potasio cristalizado y de 2 a 3 c. c. de



(FIG 13)

Ciudad de Paris. — Dispositivos para la cloración por medio de hipoclorito de sodio en la usina de Yvry.

una solución de almidón al 1 °/₀. El primer frasco que en la serie acusaba una coloración azul, debida a la formación de ioduro de almidón, indicaba la cantidad de cloro mínima que había que agregar al agua para que al fin del intervalo de tiempo considerado, quedara un pequeño exceso de clóro libre o cloro residual. Según las experiencias del Dr. Diénert, (1) la cantidad de cloro absorbido en el ensayo es proporcional a la de las materias orgánicas del agua, salvo cuando ella contiene amoníaco.

El hipoclorito de sodio usado generalmente en las usinas de París es el llamado "Extrait de Javel", solución comercial de 40 grados clorométricos

(1) El informante tuvo el honor de ser recibido por el Dr. Diénert, Jefe del Servicio de Vigilancia de las aguas de alimentación de París, de quien obtuvo muchos de los datos consignados en esta parte del informe.

como mínimo (1). Como esa solución es muy inestable se suele diluirla hasta obtener soluciones que contienen unos 40 gramos de cloro activo por litro (12.6 grados clorométricos).

En la usina de Ivry la solución de 40 grados de cloro activo por litro se preparaba en unas grandes cubas de hormigón armado, de donde era elevada por medio de una bomba a otras cubas, también de hormigón armado, de unos 1250 litros de capacidad, que alimentaban a su vez a las cámaras de distribución, de hormigón armado, de unos 100 litros de capacidad. La Fig. 13 muestra las 4 pequeñas cámaras de distribución y sus alimentadoras. El hipoclorito de sodio pasaba de las cubas alimentadoras a las cámaras de distribución en la forma que se indica en la Fig. 14, manteniéndose el nivel de la solución en esas cámaras por medio del flotador munido de la válvula reguladora, constituída por una varilla de vidrio forrada en parte por un casquete de goma para asegurar el cierre. Por medio de un tubo de goma, cuyo extremo de descarga podía variarse de nivel, se regulaba la salida del hipoclorito y por lo tanto la dosis a aplicarse al agua filtrada. Los embudos que se ven al frente de cada cámara de distribución en las figuras, estaban en comunicación con los canales de alimentación del pozo de aspiración de las bombas.

Las dosis de cloro activo utilizadas por litro de agua filtrada en las usinas de Ivry y Saint-Maur, ya sea en forma de cloro gaseoso o hipoclorito en solución, varían entre 0.2 y 0.4 miligramos, según la calidad del agua bruta. El cloro en exceso es neutralizado con una solución de hiposulfito de sodio en dosis constante de 0.2 mlgr. por litro; dosis de seguridad, según el Dr. Diénert, que se aplica constantemente a la llegada del agua a los depósitos de distribución. El hiposulfito empleado es el cristalizado. Se hace una solución al 10 °/o que se controla por medio de un simple densímetro y luego se le diluye.

La usina de Ivry es capaz de filtrar unos 340000 m.^{3} en cada 24 horas, siendo el volúmen medio diario filtrado de 250000 m.^{3}.

En las instalaciones de la usina de Choisy-le Roi el agua del Sena sufre dos filtraciones a través de lechos de arena. La velocidad de pre-filtración es de 15 a 20 m.^{3} por metro cuadrado y día y la de filtración 5 m.^{3} por metro cuadrado y día. El espesor de los lechos es de 80 cm. y la arena de un tipo similar al usado en las dos usinas de la ciudad de París.

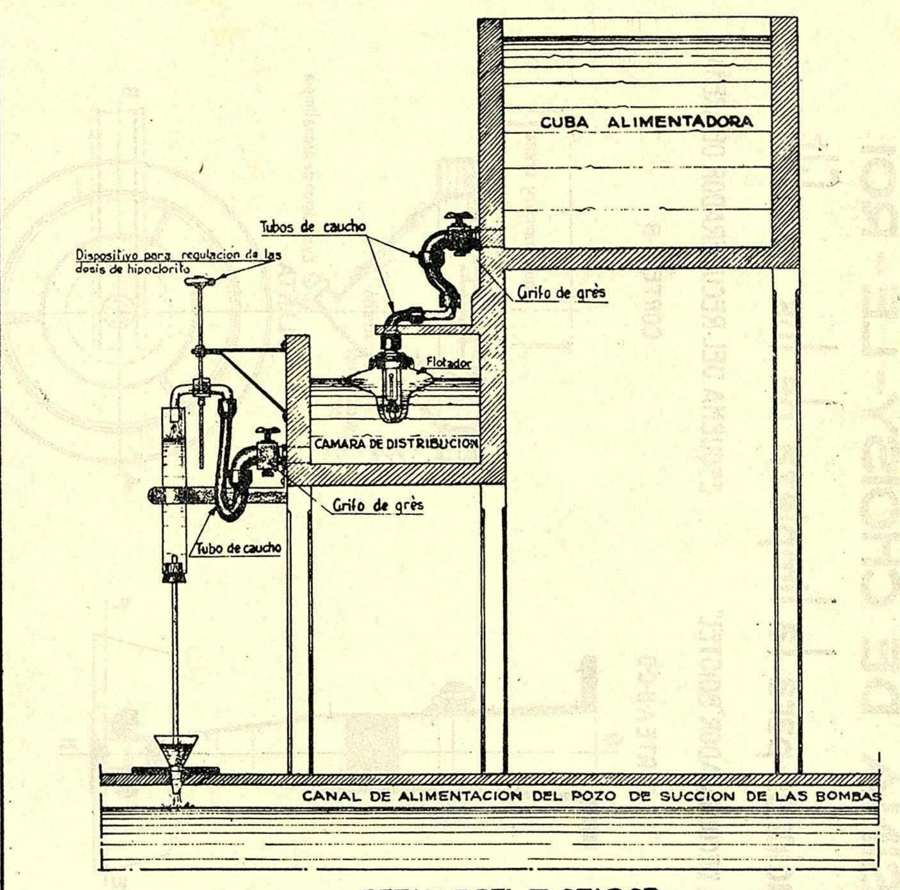
Característicos de la usina de Choisy-le Roi son el decolmatador sistema Boistel y el selector sistema Sivade usados para la limpieza de los prefiltros. El decolmatador se compone de un puente-grúa auto-motor que puede desplazarse sobre rieles colocados sobre los muros que constituyen las paredes de los lechos y en los senderos existentes entre dos series de lechos durante la limpieza de un lecho o para transportar toda la maquinaria de un lecho a otro. El puente es recorrido longitudinalmente por un carro que soporta el conjunto constituído por unas guías verticales, dentro de las que se desliza una bomba centrífuga de eje vertical, accionada con motor eléctrico, cuya tu-

(1) Un grado clorométrico francés corresponde a un litro de cloro gaseoso a 0° C y a una presión de 760, mm. que pese 3.17 gramos.

CIUDAD DE PARIS

PROVISION DE AGUA POTABLE

Esquema de los dispositivos de distribución de hipoclorito de sodio en las Usinas de Ivry y Saint-Maur.



DETALLE DEL FLOTADOR

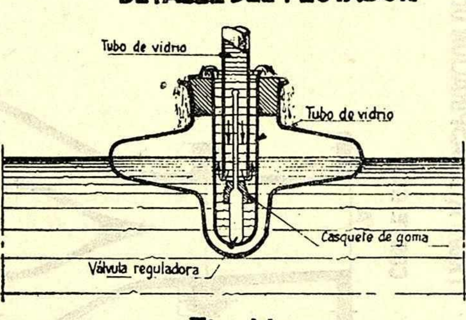


Fig. 14

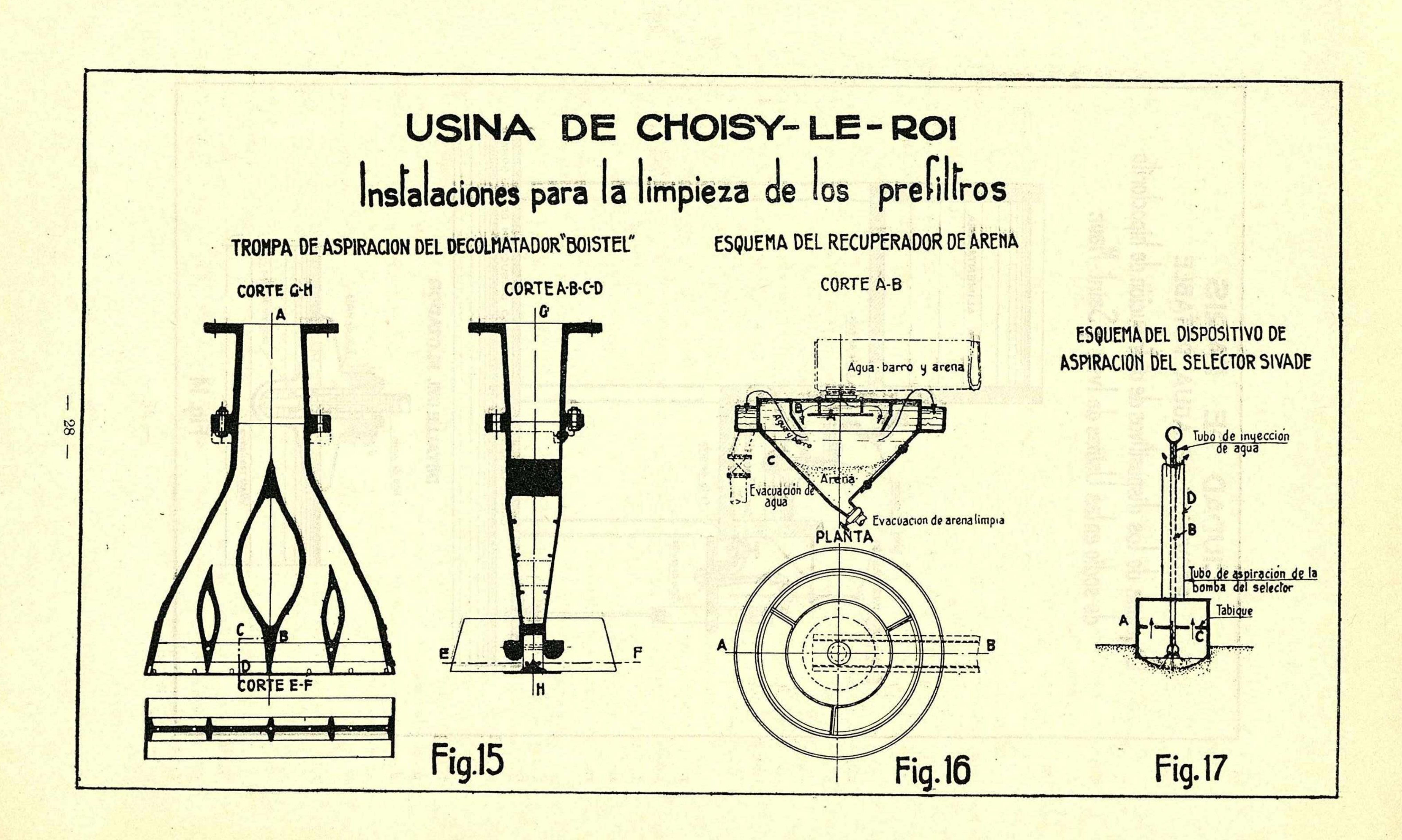


Fig.15

Fig.16

Fig.17

bería de aspiración, vertical, termina en una trompa de succión, Fig. 15, descargando la tubería de impulsión en un canal longitudinal. Por medio de contrapesos la electro - bomba y sus tuberías y accesorios se fijan en una posición dada, controlada por una regla graduada y un índice.

Durante el funcionamiento el cuchillo de la trompa corta la capa constituída por las acumulaciones a retirar, que enseguida la bomba aspira y eleva hasta un canal, de donde por gravitación pasan a un dispositivo de recuperación de arena, montado en un extremo del puente - grúa. La limpieza de un lecho se hace por fajas transversales de 50 cm. de ancho.

En el dispositivo de recuperación, Fig. 16, la arena arrastrada por el agua de limpieza sedimenta, mientras que el limo pasa con el agua a la canaleta perimetral, y de allí al desagüe, debido a que los espacios anulares comprendidos entre la placa circular A y la caja B y ésta y la tolva C tienen dimensiones tales que el líquido al atravesarlos adquiere una velocidad que impide la deposición del limo sin impedir la sedimentación de la arena.

En el selector Sivade la trompa está sustituída por una caja, Fig. 17, abierta en su parte inferior A dentro de la cual arrojan agua a presión una serie de tubos verticales B para remover las acumulaciones que una electrobomba aspira a través de los orificios del tabique C y del tubo D, descargando la mezcla de agua, limo y arena a un dispositivo de recuperación como el descripto. La velocidad de aspiración de la bomba y la del agua de inyección deben regularse cuidadosamente.

En la usina de Choisy - le Roi los filtros se limpian a pala, utilizándose para lavar la arena tres tolvas en series similares a la del dispositivo de recuperación descripto. La arena que sale de la primera tolva es elevada por medio de inyectores de agua a presión a la segunda y al salir de ésta es elevada en igual forma a la tercera. Con ese dispositivo se han podido lavar 100 $m.^3$ de arena en 8 horas.

El agua filtrada en Choisy - le Roi es clorada como la de la usina de Saint - Maur con hipoclorito de sodio por medio de un dispositivo semejante. Se hace el ensayo de la gama de cloro y se le agrega además a la dosis obtenida 0.1 mlgr. de cloro activo por litro de agua, por precaución. Las dosis corrientemente usadas oscilan entre 0.3 y 0.4 mlgr. de cloro por litro de agua tratada. El hipoclorito se aplica al comienzo del canal de alimentación del pozo de succión de las bombas y el hiposulfito de sodio que se utiliza como declorurante se agrega al fin, o sea unos 50 u 80 m. después. El hiposulfito se aplica con dispositivos semejantes a los utilizados con el hipoclorito.

En un tiempo se utilizó hipoclorito de calcio como esterilizante, pero se eliminó por exigir una manipulación onerosa.

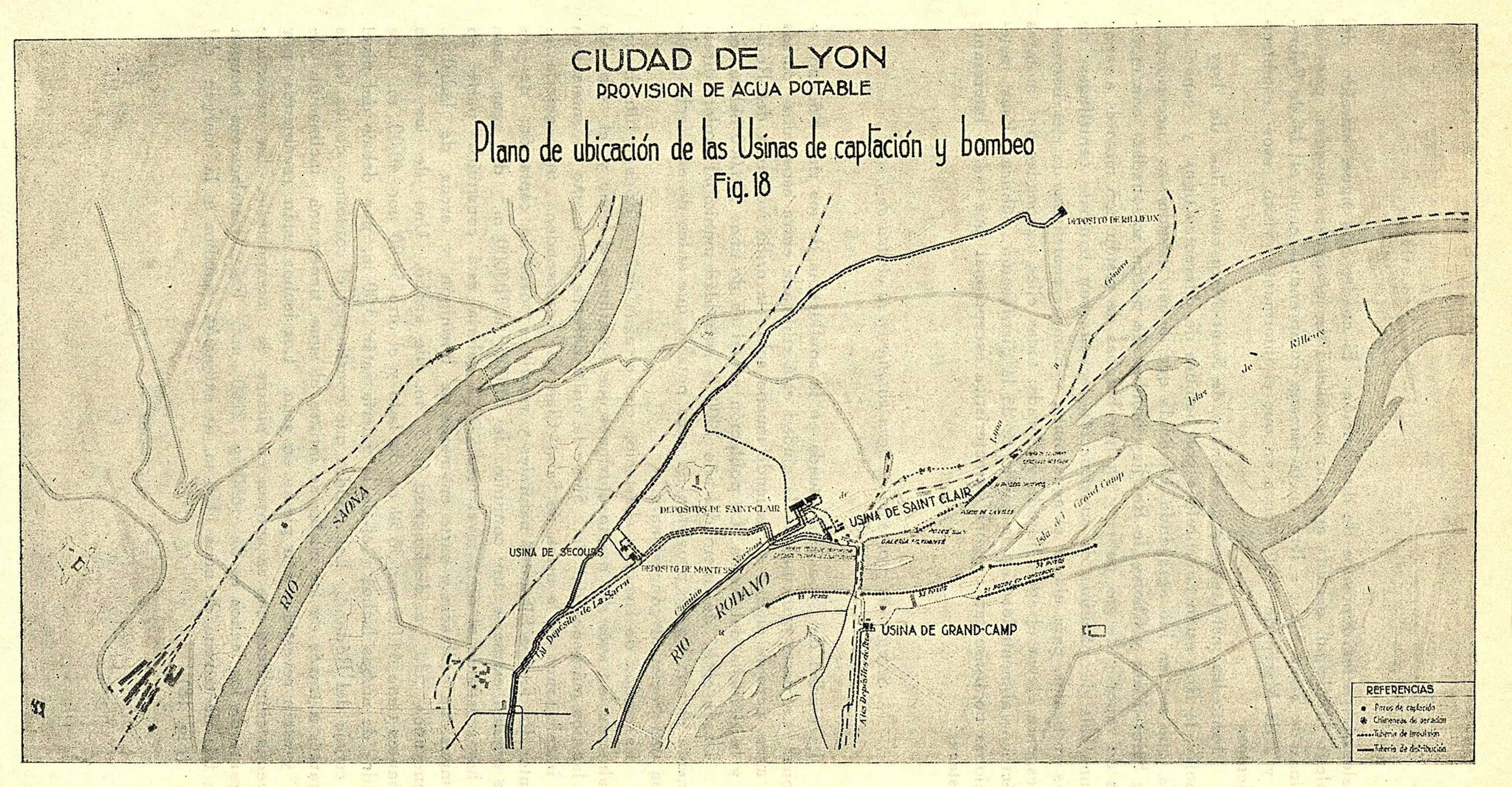
En la usina de Choisy - le Roy se filtran diariamente, en promedio, 175000 $m.^3$ de agua.

Todas las operaciones de filtración y cloración de las usinas de Saint - Maur, Ivry y Choisy - le Roi están bajo el contralor del "Servicio de Vigilancia de las aguas de alimentación", de la ciudad de París, que diariamente retira las muestras necesarias para apreciar la calidad de las aguas tratadas

CUADRO N.° 2

Composición de las aguas elevadas por las usinas de Ivry y Saint - Maur

	IVRY			SAINT-MAUR		
	Agua bruta del río Sena	Agua filtrada y clorada	Agua a la llegada al depósito de Montsouris	Agua bruta del río Marne	Agua filtrada y clorada	Agua a la llegada al depósito de Ménilmontant
	en partes por millón					
Aspecto	Turbio	Claro	Claro	Turbio	Claro	Claro
Alcalinidad en Ca OH	115	113 5	111	123	121	124
Materias orgánicas, en oxigeno consumido en medio alcalino	0.90	0.50	0.55	1.30	0.95	0.55
Cloro	—	—	9	—	—	11
Nitrógeno nítrico	1.60	1.60	1.75	1.60	1.65	1.25
Bacterias por c.c. — en la semana 24. II / 2 - III - 1950	28000	10	12	22400	0	12
Bacterias por c.c. — promedio anual	14485	15	39	42279	19	134



CIUDAD DE LYON
PROVISION DE AGUA POTABLE
Plano de ubicación de las Usinas de captación y bombeo
Fig. 18
DEPOSITO DE RILLIEUX
Islas de Rilleux
USINA DE SAINT CLAIR
DEPOSITO DE SAINT-CLAIR
USINA DE SECOURS
DEPOSITO DE MONTESSUY
Al Depósito de La Sarra
RIO SAONA
RIO RODANO
USINA DE GRAND-CAMP
Isla del Grand Camp
Al os Depósitos de Bron
REFERENCIAS
Pozos de captación
Chimeneas de aeración
Tubería de impulsión
Tubería de distribución

y elevadas a los depósitos de distribución. El cuadro que sigue, extraído del Boletín Municipal, permite apreciar la calidad de las aguas elevadas por las usinas de Saint - Maur e Ivry en la semana comprendida entre el 24 de Febrero y 2 de Marzo de 1930, época en que el informante visitó esos establecimientos.

Tanto las instalaciones de bombeo de Saint - Maur como las de Ivry y Choisy - le Roy están constituídas por bombas de diferentes tipos y capacidades, que se han ido agregando a medida que lo han exigido las necesidades. En Saint - Maur y Choisy - le Roi hay bombas de pistón accionadas con motores de vapor y de gas pobre y en Ivry bombas de pistón con motores a vapor y una sala de máquinas de construcción reciente con bombas centrífugas de ejes verticales, para elevar el agua bruta, y bombas centrífugas de ejes horizontales, para elevar el agua filtrada y clorada; todas ellas accionadas por motores eléctricos alimentados con la corriente de la distribución pública. Esas instalaciones no presentan ninguna característica excepcional que fuera interesante destacar.

Servicio de provisión de agua potable en la ciudad de Lyon

La ciudad de Lyon está situada en la confluencia de los ríos Ródano y Saona. La parte principal de la ciudad está edificada entre esos dos cursos de agua, pero la ciudad se extiende mucho sobre la orilla izquierda del Ródano y la derecha del Saona. La población actual es de unos 570.000 habitantes.

Desde el 1 ° de Enero del año 1900 la autoridad municipal explota directamente el servicio de provisión de agua potable que antes de esa fecha realizaba una Sociedad concesionaria.

La ciudad de Lyon es abastecida con el agua del río Ródano filtrada naturalmente a través del manto aluvional que constituye el lecho y el subsuelo de las dos márgenes del río. Sobre la orilla derecha del mismo se encuentran las instalaciones de la usina de Saint - Clair que comprenden : una galería filtrante, dos lechos filtrantes naturales y veintitres pozos de captación; de los que pueden extraerse un conjunto de 80000 a 100000 m.^{3} de agua cada 24 horas estando el río a nivel medio. La galería está construída parte en mampostería ordinaria y parte en muros de hormigón y arcos de ladrillos. Tiene unos 530 m. de longitud y 5 m. de ancho. Uno de los lechos filtrantes tiene 44.00 por 38.50 m. de lado y el otro 54.00 por 40.00 m. Los fondos de ambos lechos y el de la galería están 3.00 m. por debajo del nivel de estiaje del Ródano. Los taludes que constituyen el contorno de los lechos filtrantes a través de los cuales se infiltra el agua, tienen una inclinación de 45.° y están revestidos con piedra en seco. Los lechos están recubiertos por bóvedas cilíndricas que se apoyan en pilares de mampostería. La superficie filtrante de los lechos es de 1600 y 2160 m.^{2}. Esas instalaciones ocupan una faja de terreno de unos 1150 m. de extensión, próxima a la margen del río. (Fig. 18).

Sobre la orilla izquierda, ocupando una faja de unos 2000 m. de longitud, están las instalaciones de Grand - Camp, que comprenden: 38 pozos de captación construídos en 1899, 25 pozos construídos en 1922 y otros 32 pozos construídos después de ese año. De esos 95 pozos pueden extraerse de 180000 a 190000 m.^{3} de agua cada 24 horas. Todos estos pozos han sido descendidos hasta un nivel 4.00 m. por debajo del estiaje del río. Las campanas de captación de los 57 pozos más modernos fueron descendidas por medio del aire comprimido, en forma similar a la utilizada en los pozos recientemente ejecutados y que detallaremos enseguida.

El agua de los pozos de captación de la usina de Saint - Clair pasa por medio de dos sifones a la galería de drenaje y de allí, junto con el agua que se recoge en la galería misma y en los lechos filtrantes, pasa por medio de otro sifón, a un pozo de succión ubicado debajo de la sala de las bombas que la elevan a los depósitos de distribución. En la orilla izquierda del Ródano, el agua de los 38 pozos primitivos es conducida a la usina de Grand - Camp por dos sifones de 800 mm. de diámetro, la del grupo de 25 pozos por otros dos de 700 mm y la del grupo de 32 pozos por otros dos de 1.00 m. Todos esos sifones descargan dentro de la sala de máquinas en un canal colector que sirve también de pozo de succión de las bombas.

Cuando el informante visitó las usinas elevadoras de la ciudad de Lyon estaba en construcción una nueva serie de 21 pozos sobre la márgen izquierda del Ródano en una línea casi paralela a la "Diga insumergible des Brotteaux", inmediata a la usina de Grand - Camp, y se estaba montando la bomba de un nuevo pozo de captación construído en la margen derecha, en las proximidades de la casa de bombas de la usina Saint - Clair. Las campanas de captación de los pozos del grupo de 21 en construcción fueron descendidas y emplazadas por medio del aire comprimido. La Fig. 19 representa una de esas campanas, que están constituídas por una parte tronco - cónica terminada por una bóveda semi - esférica de hormigón armado que sirve de cajón o cámara de trabajo durante la construcción, y una envolvente tronco - cónica o doble pared construída a cielo abierto a medida que se descendía dicha cámara de trabajo por medio de aire comprimido. La fotografía Fig. 20 muestra la cámara de equilíbrio y parte del tubo de comunicación de ella con la cámara de trabajo de un pozo en construcción (1) y la fotografía Fig. 21 muestra la cámara de equilíbrio emplazada en un pozo casi terminado y el trozo superior de la envolvente tronco - cónica todavía con el encofrado metálico utilizado en su construcción. En la parte superior de la bóveda de cada pozo está emplazada una tapa que ordinariamente está unida a su marco con mortero de cemento, para evitar filtraciones de aguas superficiales. Dicha tapa está atravesada por dos tubos de fundición, de aspiración del agua, cuyas extremidades están a un nivel 1.00 m. debajo del estiaje del río, y por otro tubo de igual material, que se utiliza para sacar muestras del agua. Este tubo

(1) Nótese en el primer plano de la figura la gravilla y la arena extraídas de las excavaciones, material que constituye en gran parte el manto aluvional en que se capta el agua.

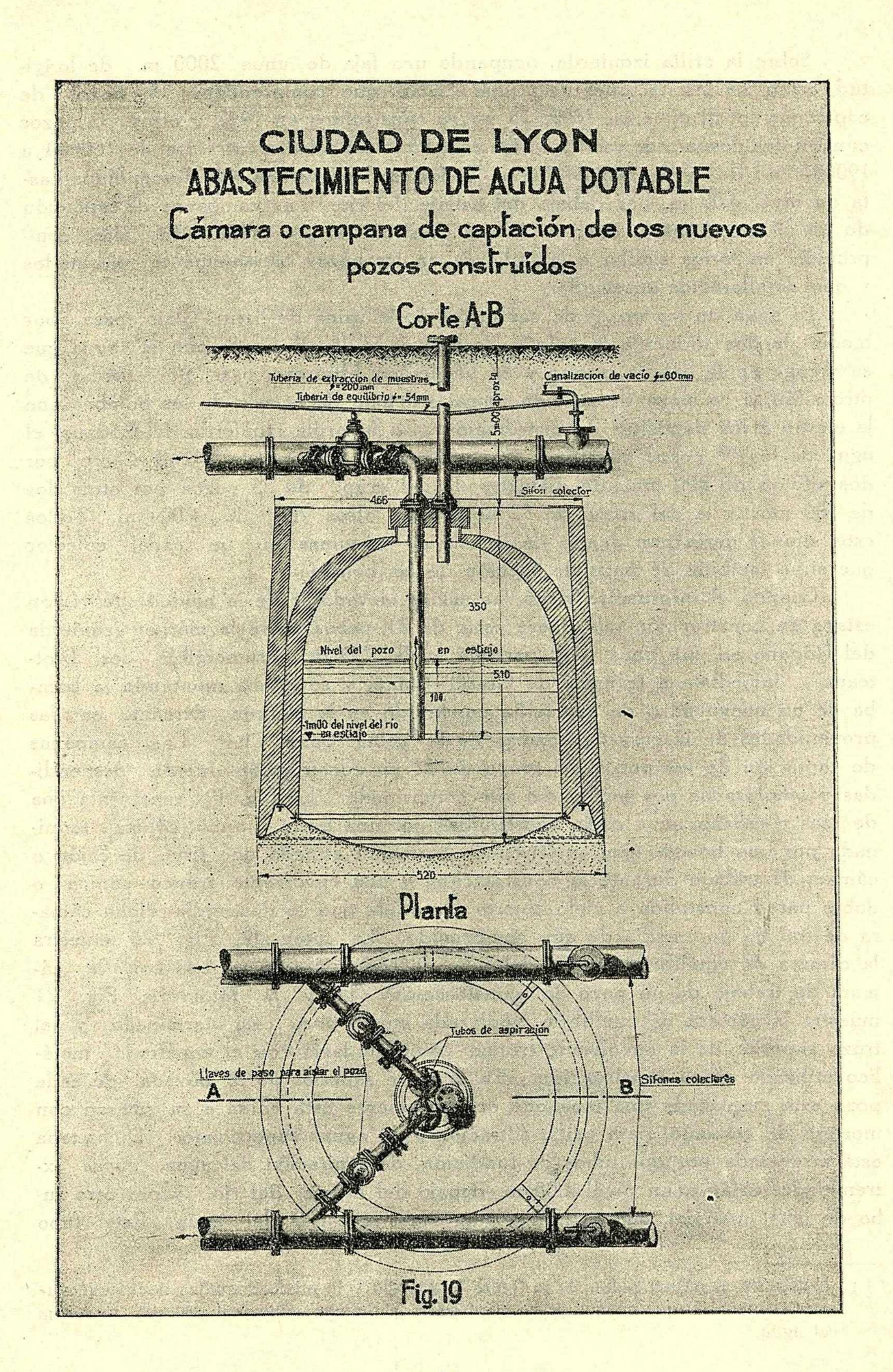
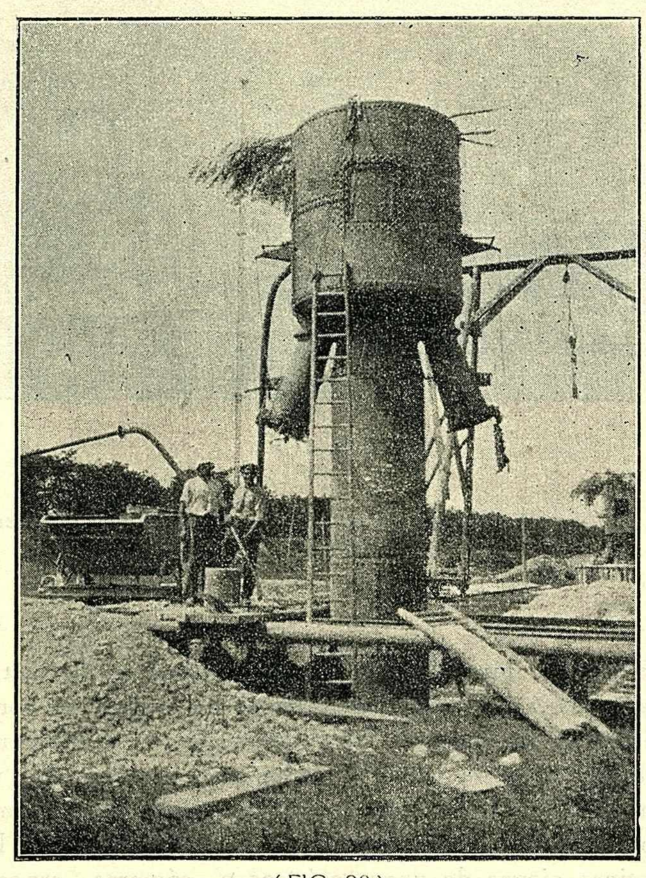

CIUDAD DE LYON
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
Cámara o campana de captación de los nuevos pozos construídos
Corte A-B
Tubería de extracción de muestras ∮=200 mm
Tubería de equilibrio ∮=54mm
Canalización de vacío ∮=60mm
5m00 aprox.ta
Sifón colector
466
350
Nivel del pozo en estiaje
510
100
1m00 del nivel del río en estiaje
520
Planta
Tubos de aspiración
Llaves de paso para aislar el pozo
A
B
Sifones colectores

Fig. 19

está obturado en la parte superior, sobre el nivel del terreno natural, con una platina ciega. Para asegurar el movimiento del aire se ha establecido la tubería de equilibrio de 54 mm. de diámetro que liga cada pozo de una serie o grupo con las chimeneas de aeración, colocadas generalmente sobre los pozos de extremidad de la serie y uno intermedio. Las fotografías Fgs. 22 y 23 muestran los tubos de aspiración y el de extracción de muestras de dos de

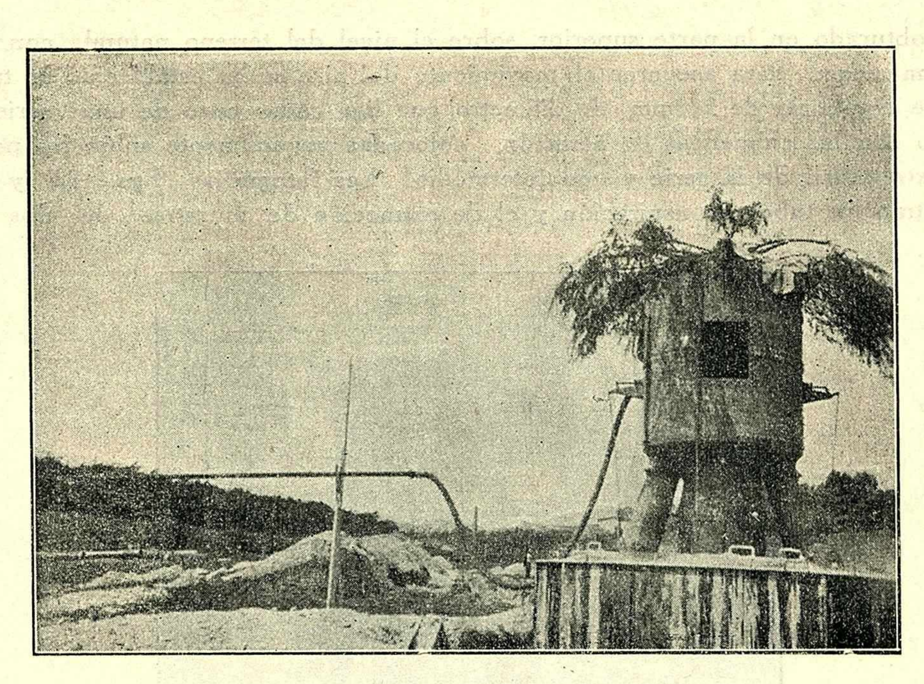


(FIG. 20)

Ciudad de Lyon. — Cámara de equilibrio utilizada en la construcción de un pozo por medio del aire comprimido.

los pozos ya terminados y parte de los sifones. La campana de captación de cada pozo puede quedar anegada, pero como pesa 100 toneladas y obra sobre ella generalmente una capa de tierra de 5.00 m. de espesor, no hay peligro de que llegue a flotar.

El agua captada en esta nueva serie o grupo de 21 pozos, así como la captada en cada serie o grupo anterior, es aspirada y conducida a la usina de bombeo por dos sifones paralelos formados por tubos de fundición de diáme-



(FIG. 21)

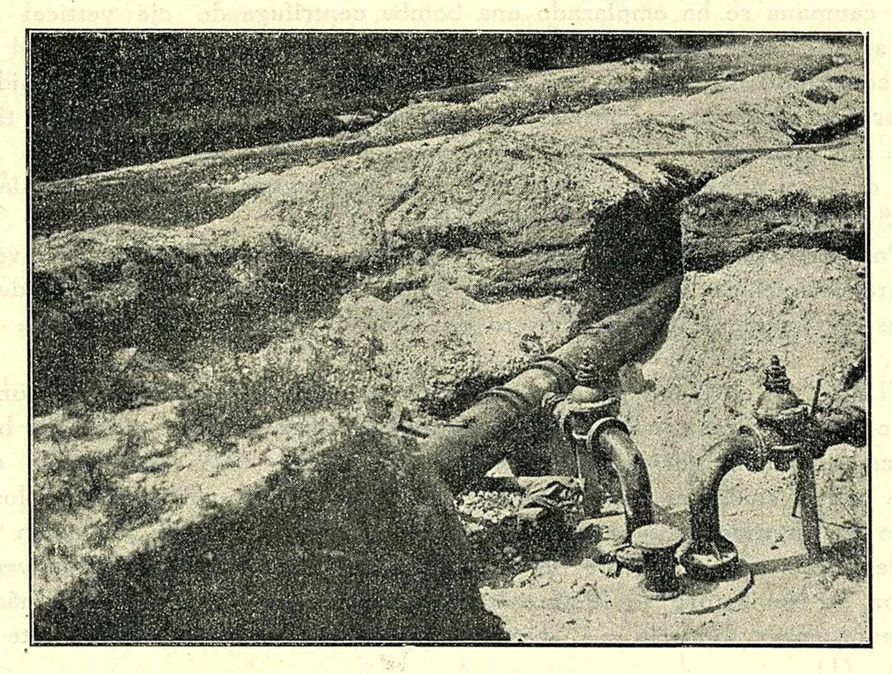
Ciudad de Lyon. — Cámara de equilibrio emplazada en un pozo casi terminado.

tros variables unidos por juntas Gibault para asegurar la hermeticidad. Todas las juntas de los tubos y piezas de los ramales de aspiración son de ese mismo tipo. De distancia en distancia las tuberías que constituyen los sifones están ligadas a las bombas de vacío ubicadas en las salas de máquinas por una canalización de 60 mm. de diámetro, disposición que permite mantener en ellas el vacío necesario. Las tuberías de vacío penetran en los sifones a través de las platinas ciegas de unos registros o cámaras especialmente dispuestas. (Fig. 19).

Esas platinas se retiran generalmente cuando hay que esterilizar un sifón. Para esta operación se procede así: por los registros mencionados se echa hipoclorito de sodio en solución concentrada, en el pozo o pozos comprendidos en el trozo a esterilizar y por medio de una bomba auxiliar se extrae el agua. Se hacen análisis bacteriológicos repetidos de la misma y cuando los resultados son satisfactorios, se habilita el trozo.

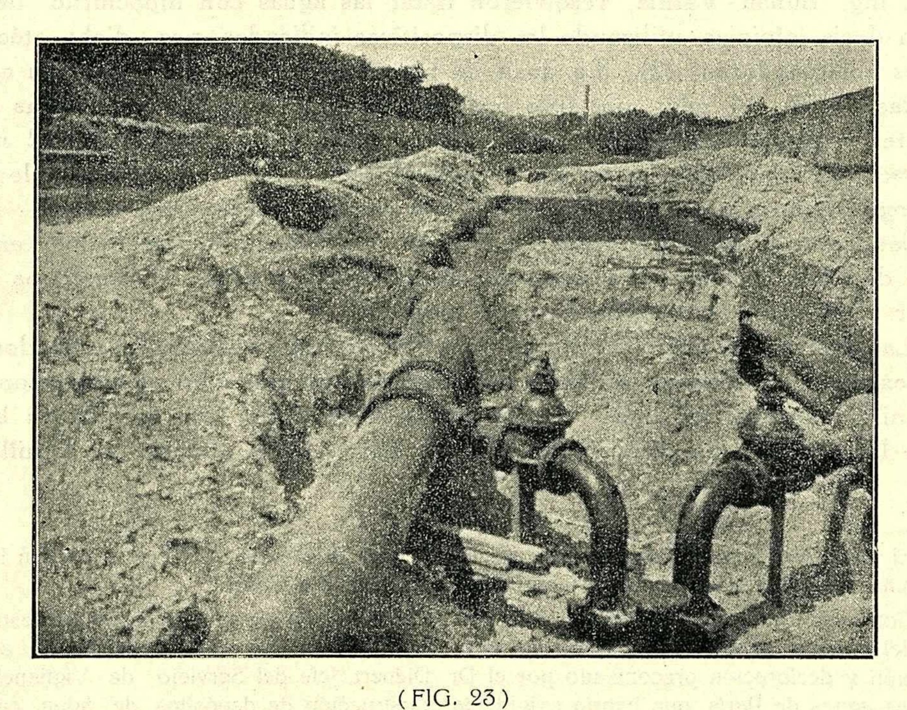
Todos los sifones tienen en la extremidad de su brazo de descarga una válvula de pié que se acciona por medio de un vástago y una columna de maniobra.

El pozo de captación construído próximo a la casa de bombas de la usina Saint-Clair consta de una campana similar a la de los pozos descriptos en la que se ha reemplazado la bóveda por un recubrimiento plano. Dentro



(FIG. 22)

Ciudad de Lyon. — Vista de las tuberías de enlace de una cámara de captación.



(FIG. 23)

Ciudad de Lyon. — Otra vista de las tuberías de enlace de una cámara de captación.

de esa campana se ha emplazado una bomba centrífuga de eje vertical cuyo motor se encuentra sobre el nivel del terreno natural, dentro de un local que se ha construído prolongando los muros de la campana y que está unido a ella por una escalera de servicio. La campana y el local mencionados tienen 5.00 m. de diámetro interior; el local tiene 3.50 m. de alto. La bomba centrífuga envía el agua al pozo de succión de las bombas que elevan a la ciudad. Se comanda desde la sala de bombas

Para proteger los pozos contra las infiltraciones superficiales a través de las barrancas del río se han construído a lo largo de las márgenes, taludes revestidos con mampostería de mortero de cemento portland o losas de hormigón.

El agua del Ródano filtrada naturalmente como se ha dicho era considerada como muy buena, tanto desde el punto de vista químico como del bacteriológico, pero las autoridades resolvieron en el año 1929 esterilizarla como medida contra cualquier contaminación, y más que nada, por satisfacer los deseos de las autoridades sanitarias y destruir los temores de la población después de la epidemia de fiebre tifoidea que azotó a los pueblos circunvecinos de Lyon en Noviembre de 1928, epidemia que originó 300 muertos y más de 3.000 enfermos y sobre la cual diremos algunas palabras al final de este parágrafo. (1)

Las autoridades estudiaron la manera de ozonizar el agua, pero en vista de los excelentes resultados obtenidos en Francia con el sistema preconizado por el Ing.° Bunau-Varilla, resolvieron tratar las aguas con hipoclorito de sodio en dosis mínimas, utilizando los dispositivos indicados por dicho técnico y otros colaboradores (2). La dosis de hipoclorito usada en Lyon, con aguas límpidas, es de 0.1 mlgr. por litro ordinariamente y la usada con aguas opalescentes o ligeramente turbias (épocas de creciente del río) es de 0.2 mlgr. por litro. El hipoclorito se aplica de acuerdo con esas dosis pre-establecidas sin ningún control posterior y jamás se han recibido quejas por que se haya observado olor y sabor del cloro en el agua. El hipoclorito se recibe en las usinas de Lyon con una concentración de cincuenta grados clorométricos para reducir el número de damajuanas en el depósito.

Las bombas y los dispositivos de cloración no están unidos o encadenados como lo exige el Ing.° Bunau-Varilla en sus diferentes trabajos sobre cloración con dosis mínimas de hipoclorito o "verdunización" del agua. En una de las bombas se ha instalado un dispositivo fabricado por la casa Brandt y Fouilleret,

(1) El abastecimiento de los pueblos circunvecinos de la ciudad de Lyon (banlieu lyonnaise) está a cargo de la "Compagnie Générale des Eaux".

(2) Como en Lyon las tuberías de impulsión hacen servicio de ruta, al hacer los estudios del sistema de esterilización se tuvo que descartar de antemano el sistema de cloración y decloración preconizado por el Dr. Diénert, Jefe del Servicio de Vigilancia de las aguas de París, que habría exigido la construcción de depósitos de agua en las usinas y doble bombeo. El sistema adoptado permite que las aguas vayan directamente del pozo de captación a los consumidores, recibiendo en el trayecto el esterilizante.

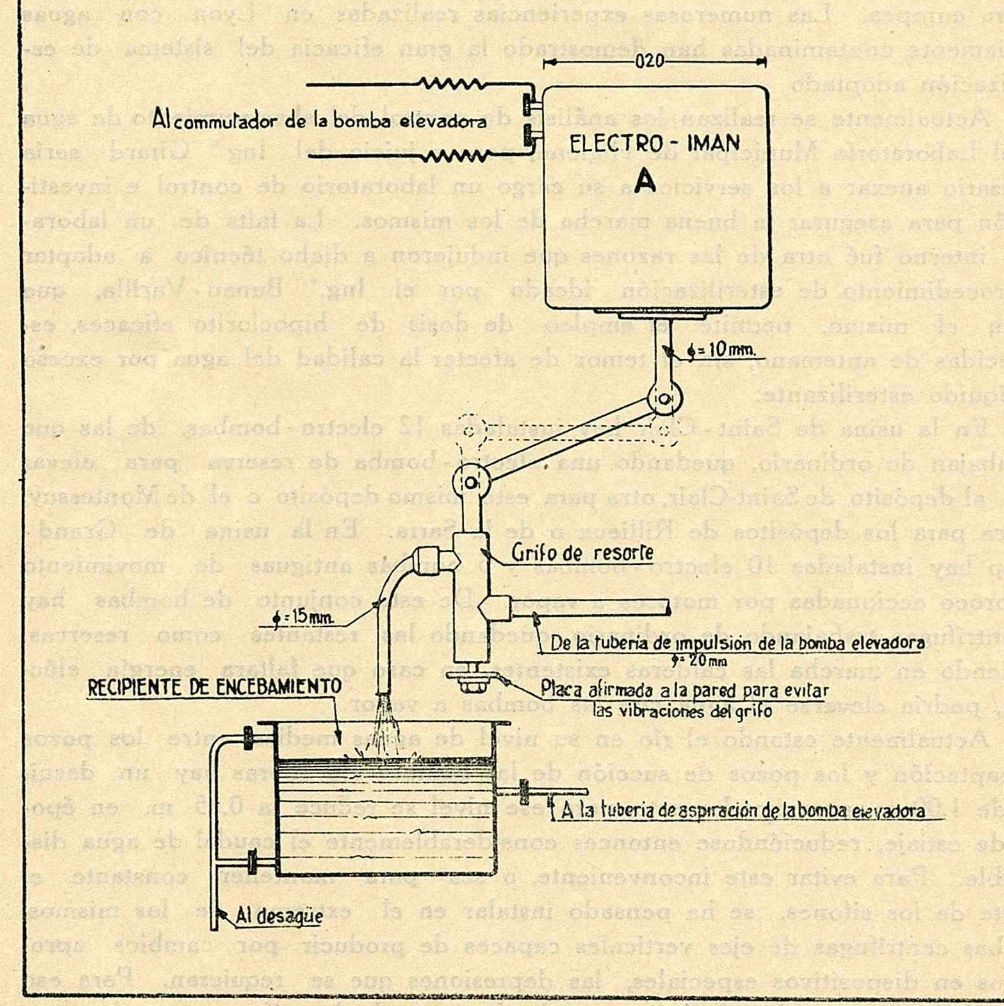
de París, que consiste, Fig. 24, en un electro-imán A que se hace accionar por medio del mismo conmutador que se utiliza para poner en marcha la bomba. Dicho electro-imán abre el grifo B que alimenta el recipiente de encebamiento al mismo tiempo que la bomba empieza a elevar agua, con lo que se obtiene la simultaneidad en el arranque de la bomba y los dispositivos de cloración, a la que el Ing.° Bunau-Varilla atribuye tanta importancia El electro-imán consume unos 650 vatios-hora. Su empleo en todas las bombas sería oneroso, habiéndose estudiado un "relais" de arranque y detención capaz de accionar el grifo B solamente en los instantes de la puesta en marcha de las bombas y en los de arresto de las mismas, que será mucho más económico.

El Sr. Girard, Ing.° Jefe del servicio de abastecimiento de agua de la ciudad de Lyon, se nos manifestó un partidario decidido del tratamiento de las aguas de alimentación por medio de dosis mínimas de hipoclorito de sodio, de acuerdo con las ideas divulgadas por el Ing.° Bunau-Varilla después de la guerra europea. Las numerosas experiencias realizadas en Lyon con aguas previamente contaminadas han demostrado la gran eficacia del sistema de esterilización adoptado.

Actualmente se realizan los análisis de control del abastecimiento de agua en el Laboratorio Municipal de Higiene, pero a juicio del Ing° Girard sería necesario anexar a los servicios a su cargo un laboratorio de control e investigación para asegurar la buena marcha de los mismos. La falta de un laboratorio interno fué otra de las razones que indujeron a dicho técnico a adoptar el procedimiento de esterilización ideado por el Ing.° Bunau-Varilla, que según el mismo, permite el empleo de dosis de hipoclorito eficaces, establecidas de antemano, sin el temor de afectar la calidad del agua por exceso de líquido esterilizante.

En la usina de Saint-Clair hay instaladas 12 electro-bombas, de las que 9 trabajan de ordinario, quedando una electro-bomba de reserva para elevar agua al depósito de Saint-Clair, otra para este mismo depósito o el de Montessuy, y otra para los depósitos de Rillieux o de la Sarra. En la usina de Grand-Camp hay instaladas 10 electro-bombas y 5 bombas antiguas de movimiento recíproco accionadas por motores a vapor. De este conjunto de bombas hay 7 centrífugas trabajando de ordinario, quedando las restantes como reservas. Poniendo en marcha las calderas existentes, en caso que faltara energía eléctrica, podría elevarse el agua con las bombas a vapor.

Actualmente estando el río en su nivel de aguas medias, entre los pozos de captación y los pozos de succión de las bombas elevadoras hay un desnivel de 1.00 m. aproximadamente, pero ese nivel se reduce a 0.25 m. en épocas de estiaje, reduciéndose entonces considerablemente el caudal de agua disponible. Para evitar este inconveniente, o sea para mantener constante el aporte de los sifones, se ha pensado instalar en el extremo de los mismos, bombas centrífugas de ejes verticales capaces de producir por cambios apropiados en dispositivos especiales, las depresiones que se requieran. Para eso se cambiarían los codos de las ramas de descarga de los sifones actuales por tés, a fin de poder emplazar los vástagos de los motores de las centrífugas. Es-


CIUDAD DE LYON
PROVISION DE AGUA POTABLE
Interruptor automático de la instalación de cloración
Fig 24
020
Al commutador de la bomba elevadora
ELECTRO - IMAN
A
ϕ = 10 mm.
Grifo de resorte
ϕ = 15 mm.
De la tubería de impulsión de la bomba elevadora
ϕ = 20 mm
RECIPIENTE DE ENCEBAMIENTO
Placa afirmada a la pared para evitar las vibraciones del grifo
A la tubería de aspiración de la bomba elevadora
Al desagüe

tos motores deberán estar provistos de reóstatos capaces de regular sus velocidades. Con el fin de regular los de las bombas, deberán colocarse además dos juegos de engranajes de trasmisión. Las bombas de que se trata trabajarían únicamente cuando se necesitara aumentar la depresión de los sifones.

La energía eléctrica que se consume en las estaciones de bombeo de la ciudad de Lyon, proviene de las usinas hidro - eléctricas de los Alpes. Para asegurar su suministro se han previsto diversos cables unidos a diferentes líneas principales de distribución y el Municipio ha reservado al servicio de abastecimiento de agua la prioridad sobre todos los servicios restantes, tranvías, industrias, etc. en los casos de emergencia. La Sociedad que suministra la energía eléctrica mantiene en los alrededores de la ciudad una usina térmica.

Desde el punto de vista de la distribución la ciudad está dividida en cuatro zonas de distinta altitud.

a) Una zona baja alimentada por dos grupos de depósitos principales, los depósitos de Bron y los de Saint - Clair. Los primeros alimentan la parte de la ciudad edificada sobre la orilla izquierda del Ródano y los segundos las partes bajas de la orilla derecha comprendidas entre el Bd. Croix Russe y la confluencia de los ríos.

b) Una zona alta, servida por el depósito de Montessuy, que comprende las laderas de la parte situada entre los dos ríos y parte de la orilla izquierda del Saona.

c) Otra zona alta, de cota más elevada que la anterior, que comprende las alturas de la zona situada entre los dos ríos, servida por los depósitos de Rillieux.

d) Una zona de alturas máximas, que comprende la orilla derecha del Saona, alimentada por los tres depósitos de "la Sarra".

Los dos depósitos de Saint - Clair contienen en total 20000 m.^{3}; los dos de Bron 34000 m.^{3}; el de Montessuy 6000 m.^{3}; los de Rillieux 1000 m.^{3} en total y los de la Sarra 5350 m.^{3}. Siendo la capacidad global de los depósitos de 75350 m.^{3} y el consumo diario máximo de unos 290000 m.^{3}, se deduce que puede almacenarse unicamente un 26 °/o del consumo máximo diario.

Todos los depósitos han sido previstos con dos compartimentos. Hay algunos de mampostería, siendo los más modernos de hormigón armado. En general han sido construídos a media ladera. Del depósito de 1000 m ^{3} de la Sarra se eleva el agua, por medio de bombas emplazadas en un local próximo, a un depósito elevado para abastecer las fincas situadas en los puntos de mayor cota.

La red de distribución de la ciudad de Lyon tiene una longitud de más de 500 kilómetros. Está construída con tubos de fundición del tipo de enchufe y cordón unidos con juntas de plomo. Sobre los puentes las tuberías están unidas con juntas flexibles tipo Gibault, para anular los efectos de las trepidaciones y dilataciones Las tuberías han sido colocadas bajo las calzadas, siendo de un metro la distancia media entre la generatriz superior de los tubos y

el nivel de las calzadas Para las tuberías que trabajan a presiones superiores a 70 00 m. se emplean tubos con espesores reforzados. Para una tubería de impulsión de 1.00 m de diámetro se utilizaron tubos de fundición con flejes de acero colocados en caliente, habiéndose comprobado en los casos de roturas, que los flejes detienen la importancia de las mismas, reduciendo las aberturas y por lo tanto las consecuencias de esos accidentes. Las llaves de paso, descargas, ventosas, etc con diámetros de 300 mm. o superiores, están instaladas dentro de cámaras de mampostería. Las restantes van enterradas simplemente. El Servicio Municipal de agua asegura una distribución regular hasta la altura de los pisos situados a 23 m. sobre el nivel de la calzada (generalmente hasta los séptimos pisos). (1).

El número de conexiones era a mediados del año 1930 de 135000, habiendo demostrado las estadísticas oficiales que el número de habitantes servidos por conexión era de unos 4.5.

El día 8 de Julio de 1930, anterior al de nuestra visita a las estaciones de bombeo de la ciudad de Lyon, el consumo había alcanzado a 270000 m.^{3}, según los aparatos registradores, lo que da un promedio para ese día, de 450 litros por habitante.

Los técnicos del servicio de distribución de agua potable de la ciudad de Lyon han comprobado en diversas oportunidades que el derroche de agua dentro de las fincas es excesivo y lo han atribuído, razonablemente, al sistema de robinete libre utilizado para la venta de agua a la mayor parte de los inmuebles. A su iniciativa las autoridades estudiaron la posibilidad de extender el uso de los contadores a todos los servicios, pero al final el Alcalde y el Concejo Municipal local resolvieron mantener el sistema observado por considerar que el emplazamiento de la ciudad permite obtener a bajo costo el agua necesaria.

Los contadores instalados son adquiridos por los propietarios o arrendados por la Administración. En el primer caso deben ser de tipo aprobado por la Administración, verificados y punzonados por ella antes de colocados La Administración se reserva el derecho de controlar los contadores en servicio y hacerlos retirar si las diferencias en los registros exceden de ± 5 °/₀. La Administración fija en cada caso el diámetro del contador.

Como el agua arrastra frecuentemente arena muy fina y llega las más de las veces a los suscriptores sin haber pasado por los depósitos de distribución, los contadores suelen obtruírse. Por esa causa, y porque la Administración no tiene interés en controlar los consumos muy pequeños, dada la liberalidad con que son otorgadas las concesiones o servicios, en Lyon se usan unicamente

(1) Con el objeto de evitar quejas por falta de agua debidas a la insuficiencia de las canalizaciones internas de las fincas, el Servicio Municipal fija, desde Enero de 1930, los diámetros de las canalizaciones principales basándose en el número de grifos a servir, la distancia de la fachada a la canalización pública, etc. Todo solicitante de una conexión debe hacer constar en un formulario especial, las características de las instalaciones internas de su vivienda y debe entregar copia duplicada del plano de dichas instalaciones.

contadores de velocidad, cuyo valor como es sabido, es inferior al de otros tipos de mayor sensibilidad en los registros.

Las instalaciones de captación, bombeo y distribución de agua de la ciudad de Lyon están muy bien dispuestas y conservadas, revelando una dirección competente. El Ing. Jefe del servicio tiene a estudio un vasto plan de obras para aumentar la cantidad de agua a distribuír y concentrar las instalaciones de captación y bombeo, basado en la construcción de pozos de captación y una usina elevadora en una de las islas del Ródano, situada aguas arriba de la ciudad, que se expropiaría con ese objeto. La solución prevista permitiría eliminar la posibilidad de contaminaciones provenientes de viviendas próximas, la ejecución progresiva de las obras de acuerdo con las necesidades de la ciudad, sin alterar el funcionamiento de las instalaciones actualmente en servicio, y rebajar los costos de producción, reduciendo el personal de máquinas.

Sobre la epidemia de fiebre tifoidea que azotó a los pueblos circunvecinos de Lyon, en Noviembre de 1928

A fines del mes de Mayo del año 1930, se inició en Lyon el proceso promovido por los damnificados de la epidemia de fiebre tifoidea que azotó a los pueblos circunvecinos de esa ciudad en Noviembre de 1928, contra la "Compagnie Générale des Eaux", concesionaria del abastecimiento de agua de esas poblaciones. El informante se encontraba entonces en Francia y tuvo oportunidad de conocer por los comentarios de la prensa los fundamentos de la acusación y las razones expuestas por la Compañía en defensa de sus intereses, de los que a continuación hará un resúmen, por considerarlo de interés.

Desde el año 1883, la "Compagnie Générale des Eaux", concesionaria de numerosos servicios de distribución de agua en Francia, entre otros el de 140 comunas circunvecinas de la ciudad de París, tiene a su cargo también el abastecimiento de agua de los pueblos circunvecinos de la ciudad de Lyon, para cuyo fin tiene instalada a un centenar de metros al nord-este de la usina de Saint-Clair, ya descripta, (Fig. 18) la usina de Vassieux, de donde se envía a aquellas poblaciones el agua de once pozos de captación emplazados a lo largo de la margen derecha del Río Ródano y similares a los que hemos descrito en páginas anteriores al hablar del servicio de abastecimiento de agua de la ciudad. Dentro del terreno ocupado por dicha usina pasa un acueducto utilizado primitivamente para el desagüe de las aguas meteóricas de las laderas inmediatas y convertidos desde hace unos años en un verdadero colector de agua residuales de las poblaciones congregadas en esos lugares. De acuerdo con el Pliego de condiciones de la concesión, la "Compagnie Générale des Eaux" tenía a su cargo la conservación de dicho acueducto, conocido con el nombre de "Pauvre Diable".

Según la acusación, dicha Compañía no hizo a su debido tiempo, por negligencia, las reparaciones necesarias en dicho acueducto, de modo que sus aguas contaminadas llegaron por infiltración a las cámaras de captación de los pozos,

especialmente de los Nros. 3 y 4, dando origen a la epidemia que tuvo los dolorosos resultados ya consignados; habiendo agravado la importancia de la epidemia, la circunstancia de realizarse en la usina de Vassieux análisis del agua mensuales, lo que impidió localizar la contaminación de los pozos antes de que el mal alcanzara las proporciones que adquirió.

La Compañía adujo en su defensa que 25 años atrás, al obtener la concesión, las laderas de Vassieux estaban desiertas, encontrándose por lo contrario densamente pobladas en 1928, habiéndose construído en ellas además, un campo de regadío con aguas residuales y varios pozos negros, al extremo de convertir el acueducto del "Pauvre Diable" en un verdadero colector de aguas residuales; que en el lugar donde descarga el acueducto, próximo a los pozos de captación, se construyó una espiga con un enrocamiento, que hace que las aguas queden casi empantanadas allí; que la epidemia se produjo después de una creciente del Ródano durante la cual las aguas del río contaminadas habían debido pasar a través del terreno que forma la barranca llegando a los pozos de captación; que no hubo negligencia de su parte; que el acueducto no tenía fisuras antes de dicha creciente y que la contaminación persistió después que las fisuras del acueducto fueron reparadas. Al final, la Compañía atribuía el pleito a interesados en hacerle daño. Como los casos de fiebre tifoidea en la ciudad de Lyon hubiesen aumentado en los meses de Octubre y Noviembre de ese año 1928, la Compañía llegó hasta atribuír el origen de la epidemia a las aguas de la ciudad, pero ésta imputación fué destruída por el Jefe del Laboratorio Municipal de Higiene, quien atribuyó el aumento registrado a los enfermos que habían contraído la enfermedad en los pueblos circunvecinos.

Los jueces después de oídos los informes de los peritos de las partes en litigio, entre los que se encontraban algunos bacteriólogos, médicos higienistas e ingenieros de gran renombre de Francia, aceptaron la tesis de la acusación y declararon al director de la usina de Vassieux culpable de homicidios involuntarios, por imprudencia, negligencia e inobservancia de los reglamentos en vigencia, condenándolo a un año de prisión. La "Compagnie Générale des Eaux" fué declarada responsable civil de las pérdidas registradas y condenada a pagar indemnizaciones por daños y perjuicios variables entre 20.000 y 100 000 francos a muchos damnificados, a reembolsar a la vecina villa de Oullens los gastos de hospitalización de enfermos, inhumación de cadáveres y demás medidas sanitarias que tuvo que adoptar durante la epidemia y a pagar otros gastos del proceso. La Compañía apeló la sentencia de primera instancia, no teniendo el informante noticia de como se resolvió el litigio en definitiva.

Es indudable la enseñanza que se deriva de los hechos relatados, que entre otras cosas, ponen de manifiesto la conveniencia de mantener, siempre que sea posible, dentro de las mismas usinas de captación o purificación de agua potable, laboratorios donde puedan hacerse diariamente análisis químicos y bacteriológicos de las aguas destinadas a la alimentación, sin perjuicio de los que pudieran realizar por su cuenta otros laboratorios oficiales con fines de control o de investigación.

La ciudad de Estrasburgo cuenta con una población de unos 190 000 habitantes. Se abastece con aguas del subsuelo, que está constituído por capas superpuestas de cantos rodados, arenas y limo arenoso pertenecientes a los terrenos de aluvión conocidos con el nombre de depósito diluvianos, ricas en aguas, que se extienden por todo el valle del Rhin, recubriendo los terrenos terciarios, muy poco permeables. El río Rhin no alimenta la napa de agua contenida en esos depósitos, siendo esta por lo contrario, la que alimenta al río y los afluentes que nacen en la llanura, circunstancia favorable a la utilización de dicha napa para el abastecimiento de la ciudad. En épocas de crecientes las aguas del río se infiltran en el terreno a través de los depósitos de cantos rodados de las márgenes hasta una distancia muy reducida, produciendo unicamente un levantamiento de la napa. Las aguas subterráneas tienen un movimiento en dirección ligeramente convergente al río, resultante del movimiento paralelo a él, es decir, hacia el valle, siguiendo la inclinación general del terreno, y el movimiento perpendicular al curso de agua en que se echan en último término.

La usina elevadora de la ciudad se encuentra en la selva del Rhin a un kilómetro del río, sobre un terreno virgen, lejos de toda habitación, para evitar las contaminaciones. Data del año 1878. La captación se hace por medio de 5 pozos de mampostería de 2.80 a 4.50 m. de diámetro interior y de 8 a 12 m. de profundidad (Fig. 25). De esos 5 pozos, dos están unidos a los demás por sifones de 600 mm. de diámetro y sirven de pozos colectores. Cada pozo dá 500 m.^{3} por hora. El efecto de las bombas se hace sentir hasta 150 m. alrededor de cada pozo, produciendo una desnivelación de la napa subterránea.

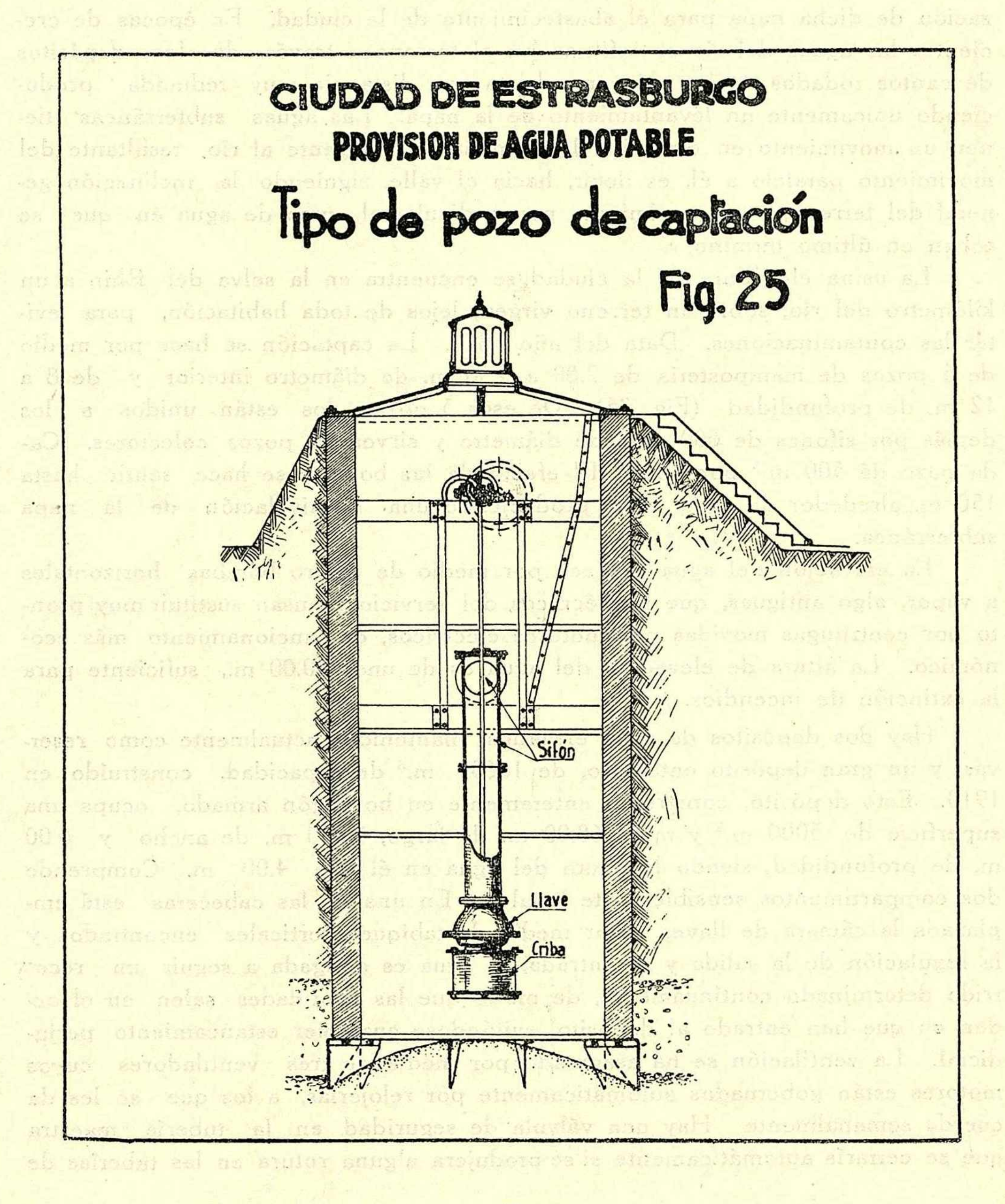
La elevación del agua se hace por medio de cuatro bombas horizontales a vapor, algo antiguas, que los técnicos del servicio piensan sustituir muy pronto por centrífugas movidas por motores eléctricos, de funcionamiento más económico. La altura de elevación del agua es de unos 40.00 m., suficiente para la extinción de incendios.

Hay dos depósitos de agua elevados, mantenidos actualmente como reservas, y un gran depósito enterrado, de 16600 m.^{3} de capacidad, construído en 1910. Este depósito, construído enteramente en hormigón armado, ocupa una superficie de 5000 m.^{2} y mide 68.00 m. de largo, 74.00 m. de ancho y 6.00 m. de profundidad, siendo la altura del agua en él de 4.00 m. Comprende dos compartimentos sensiblemente iguales. En una de las cabeceras está emplazada la cámara de llaves. Por medio de tabiques verticales encontrados y la regulación de la salida y la entrada, el agua es obligada a seguir un recorrido determinado contínuamente, de modo que las cantidades salen en el orden en que han entrado al depósito, evitándose cualquier estancamiento perjudicial. La ventilación se ha asegurado por medio de tres ventiladores cuyos motores están gobernados automáticamente por relojerías, a los que se les da cuerda semanalmente Hay una válvula de seguridad en la tubería maestra que se cerraría automáticamente si se produjera alguna rotura en las tuberías de

distribución de gran diámetro. Se ha previsto un drenaje circundante para evitar cualquier filtración a través de los muros. Una bomba toma el agua recogida por los drenes en un pozo especial de recolección y la eleva al desagüe correspondiente. La cámara de llaves y aparatos accesorios está revestida de azulejos de color claro. Esta cámara y el depósito están iluminados eléctricamente.

El depósito de distribución de la ciudad de Estrasburgo constituye un modelo en su género por la forma en que ha sido concebido y realizado.

Entre la usina elevadora y el depósito descrito se encuentra la ciudad. El depósito está unido a la red de distribución por medio de una tubería de



800 mm. de diámetro, que el agua recorre en los dos sentidos según el consumo de la población. Del depósito parte otra tubería que alimenta las comunas exteriores situadas al Nord - oeste de la ciudad.

Toda la red de distribución está constituída por tubos de fundición tipo "Ville de París". Hay tres tuberías principales de 600, 500 y 400 mm. La longitud total de las canalizaciones de la red de distribución pasa de 360 Km. El número de bocas de riego e incendio pasa de 5.000 : están colocadas cada 45 m. aproximadamente.

Las conexiones domiciliarias son construídas por las autoridades municipales a su costo, salvo alguna excepción. Los servicios son todos a contador, suministrando las autoridades los aparatos. Los contadores son reparados en los talleres del servicio de distribución de agua, que cuenta con un laboratorio de ensayos propio. Todos los contadores son, casi sin excepción, de velocidad, tipo compatible con el bajo precio de venta del agua, como consecuencia del reducido costo de producción, y único aparente en servicios como el de Estrasburgo que distribuye aguas que arrastran pequeñas cantidades de arena que puede depositarse en los contadores y llegar a obstruirlos.

Los consumos medios diarios alcanzan a unos 22000 $m.^3$, lo que corresponde a unos 110 l. diarios por persona, considerando una población total de 220000 habitantes entre la ciudad y las comunas circundantes que se abastecen con agua de la distribución. Los consumos por habitante podrían ser mayores si los establecimientos industriales de la región no extrajeran del subsuelo el agua necesaria para sus actividades, sistema que no ofrece ninguna dificultad dada la constitución del terreno.

El agua de la distribución de Estrasburgo no sufre ningún tratamiento, siendo de muy buena calidad química y bacteriológica. Su temperatura en los pozos varía según las estaciones del año de 9 a 12° C., que a veces se eleva o baja notablemente al pasar por las bombas, los depósitos y sobre todo en las tuberías de distribución. Las aguas tienen una dureza media de 21 a 27 grados franceses. No son corrosivas.

El Instituto de Higiene y Bacteriología de la Universidad de Estrasburgo controla la calidad del agua distribuída, vigila el perímetro de protección de los pozos, toma las muestras en los pozos, los depósitos y en las canalizaciones y hace análisis bacteriológicos Los análisis químicos son hechos en el Laboratorio Municipal.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Chartres

El suscrito visitó la usina de bombeo y purificación de agua de Chartres a indicación de la "Société des eaux et de l'ozone" (Paris) para poder apreciar el funcionamiento de una instalación de ozonización.

Las aguas que se tratan en ese establecimiento provienen del río Eure y son durante todo el año bastante turbias y cargadas de materias orgánicas y bacterias patógenas.

Las instalaciones permiten tratar hasta 6000 m.^{3} en 24 horas, o sea, unos 240 l. por habitante y día, suponiendo una población de 25000 habitantes. Constan de un tanque de decantación, filtros rápidos y los dispositivos necesarios para esterilizar por el ozono las aguas filtradas antes de ser elevadas al depósito de distribución.

El tanque de decantación es de planta rectangular y está dividido transversalmente por un tabique que tiene en su parte inferior, a unos 50 cm. del fondo, aberturas que permiten el pasaje del agua de uno a otro compartimento. El agua después de haber recibido la solución de sulfato de alúmina, penetra al decantador por el centro de uno de los lados menores, a unos 50 cm. debajo de la superficie del agua, recorre longitudinalmente el tanque y sale por la parte superior de la extremidad opuesta. No hay cámaras de mezcla ni otro dispositivo para favorecer la solución del coagulante. El agua del río llega a una gran pileta ubicada a la entrada del depósito de decantación y allí recibe el coagulante, cuya solución se prepara aparte en tinas de madera, haciéndose la dosificación por medio de grandes frascos de Mariotte, constituídos por botellones de grés de unos 200 a 300 l. de capacidad, con grifos de cristal.

El agua decantada es filtrada inmediatamente por medio de filtros rápidos, constituídos por una capa filtrante de 1.20 m. de altura total, compuesta, de arriba a abajo, por una capa de arena de 2 mm., otra de arena de 3 a 4 mm., otra de pedregullo fino de 6 a 10 mm. y otra de pedregullo grueso de 10 a 40 mm. El material filtrante se apoya en un sistema de losas de hormigón armado perforadas, que distan unos 40 cm. de la losa que constituye el fondo de los lechos. El agua filtrada es recogida en el espacio comprendido entre esas losas, en el que están montadas además las cañerías de insuflación del aire utilizado para la limpieza de los filtros.

La velocidad de filtración es de unos 0.70 m. por hora y por m^2 de filtro. Hay 360 m.^{2} de lechos filtrantes, siendo la capacidad horaria de unos 250 m.^{3}. El lavado de los filtros se hace en la forma corriente en las instalaciones de ese tipo: se comienza por agitar el lecho insuflando aire y luego se hace entrar el agua por la parte inferior, la que arrastra la suciedad a las canalizaciones de desagüe.

La dosificación del coagulante se hace como en nuestras usinas del interior, tratando muestras del agua bruta con soluciones de concentración diversa, optándose por la más reducida que produce un buen coágulo

Los filtros se regulan a mano. No tienen aparatos controladores ni indicadores de caudales filtrados ni pérdidas de carga.

El efluente de los filtros es esterilizado por medio del ozono en una instalación sistema "Otto", construída en 1908, del tipo que describiremos en la Parte Tercera de este Informe. Según el Ing.° Malvos, Jefe del servicio de provisión de agua de la ciudad, la concentración media del ozono usado en la usina de Chartres es de 5 grs. por m.^{3} de aire, necesitándose alrededor de 25 vatios por gramo de ozono generado y utilizado. La ozonización en la usina de Chartres ha dado excelentes resultados desde su implantación. Los electrodos de los ozonizadores "Otto" se limpian una vez por año y el Jefe mecánico-electricista que tiene a su cargo la instalación ha observado que pin-

tando con dos manos de minio las superficies de contacto con las láminas de estaño se conservan mejor Según ese obrero las roturas de los dieléctricos son poco frecuentes

No se consignan datos sobre los volúmenes y las presiones del aire y del agua utilizados en la limpieza de los filtros, etc., por no haberlos podido obtener durante la visita realizada.

Servicio de provisión de agua de la ciudad de Nancy

La municipalidad de Nancy distribuye actualmente de 54000 a 60000 m.^{3} de agua por día, proveniente de galerías filtrantes emplazadas sobre la márgen derecha del río Mosela y esterilizadas por medio de hipoclorito de sodio, aplicado de acuerdo con las normas preconizadas por el Servicio de vigilancia de las aguas de alimentación de París.

El informante tuvo ocasión de conocer las partes esenciales de este abastecimiento de agua potable pero no las describirá porque no presentan ninguna característica digna de mencionarse.

La autoridad municipal en vista de la insuficiencia del abastecimiento actual, llamó a concurso en el año último para la presentación de proyectos de las instalaciones necesarias para filtrar y esterilizar las aguas del río Mosela, de cuyo resultado no tenemos noticias por haberse efectuado la recepción de los proyectos con posterioridad a nuestra visita a esa ciudad.

A continuación detallaremos las partes más importantes del programa de dicho concurso para que se puedan apreciar las exigencias de los técnicos de Nancy en materia de filtración y esterilización del agua destinada al consumo de la población.

Dicho programa preveía la construcción inmediata de instalaciones capaces de filtrar y esterilizar 80000 m.^{3} diarios y las extensiones necesarias para llegar a filtrar y esterilizar en un futuro próximo hasta 100000 m.^{3} diarios. Fijaba el lugar de ubicación de las instalaciones, pero dejaba a juicio de los concursantes la disposición de sus partes, así como el de las canalizaciones de alimentación y salida, estaciones de bombeo, etc. Preveía la utilización de la energía eléctrica de la "Compagnie Lorraine d' Electricité", a 190 voltios y 50 períodos, y un precio unitario del kWh.; así como el valor de los jornales para las distintas categorías de obreros necesarios para el funcionamiento, vigilancia y control de las instalaciones, como bases para el cálculo de los gastos de explotación, a fijar por cada concursante para su proyecto.

El programa dejaba plena libertad a los concursantes para elegir el tipo de filtros, lentos o rápidos, sumergidos o no, pero establecía que fueran cubiertos para evitar los inconvenientes de las heladas; que en caso de proponerse filtros lentos debía preverse su limpieza por insuflación de aire comprimido y agua filtrada a presión u otro medio mecánico eficaz; que la limpieza de los filtros rápidos que se propusieran debía hacerse por medio de agua a presión en la forma generalmente utilizada en esa clase de filtros; que los fil-

tros debían suministrarse con aparatos controladores e indicadores de caudales y pérdidas de carga, y que en caso de ser necesarias, debían preverse las instalaciones de lavado de arena.

El programa dejaba a los concursantes plena libertad sobre el sistema de esterilización.

Se establecía que la medida de la transparencia del agua filtrada en las instalaciones se efectuaría por medio de un tubo de 10 cm. de diámetro y 5 m. de largo, obturado en sus extremidades por dos cristales. Y se especificaba: "estando el tubo lleno de agua un observador de vista normal deberá « leer a una distancia de 6 metros, caracteres de imprenta de dimensiones « apropiadas o contar a esa misma distancia, cuadrados negros de 1 cm. de « lado, colocados en damero sobre un fondo blanco, con o sin la interposi- « ción sobre el trayecto de sus rayos visuales, de un tubo lleno de agua « clarificada".

Los filtros que se propusieran debían retener por lo menos 95 °/。 de materias y bacterias en suspensión en el agua.

Las garantías desde el punto de vista bacteriológico exigidas eran: a) « que las aguas tomadas a la salida de los aparatos de esterilización por el « Servicio Municipal de Medicina y de Higiene de la ciudad de Nancy, por el « Laboratorio de la Facultad de Medicina local o cualquier otro laboratorio « oficial calificado, no debían contener ningún germen patógeno, según las re- « glas habituales. b) La investigación del coli - bacilo sobre 100 c.c. no « deberá revelar ningún coli - bacilo ni bacterias provenientes de materias feca- « les o de materias en putrefacción. c) El agua tomada en condiciones « habituales, después de dejada 24 horas a la temperatura del laboratorio en « frascos estériles y a cierre hermético, deberá presentar las mismas garantías, « salvo para los gérmenes indiferentes que podrán ser superiores a 10; d) La « investigación de las bacterias indiferentes será hecha por siembra de « 1 c.c. y la numeración hecha como mínimo a los 10 días de la « siembra.

"Desde el punto de vista químico, las aguas no deberán mantener ningu- « na sustancia extraña a la composición del agua bruta, ni presentar ningún « aumento sensible de las materias minerales que ella contuviera".

Desde el punto de vista organoléptico el agua esterilizada, diez minutos después de retirada la muestra en un frasco de cuello largo, "no deberá ofre- « cer ni gusto ni olor, sea de los cuerpos esterilizantes, de los derivados que « ellos puedan originar, del limo, de las algas, de las diatomáceas o protozoa- « rios contenidos en el agua bruta, sin aeración por agitación previa de las « muestras o adición de productos químicos o de cualquier otra natura- « leza".

El programa especificaba en forma general los métodos de análisis a seguir en las pruebas de control a realizarse durante un mes antes de la recepción provisoria de las obras y en el plazo de garantía de un año a contar desde la fecha de esa recepción.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Reims

El suscrito visitó la usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Reims para poder apreciar en funcionamiento, la primera instalación de cloración por medio de hipoclorito en dosis mínimas construída en Francia para esterilizar las aguas de consumo de una ciudad, de acuerdo con las ideas difundidas por el Ing.° Bunau - Varilla y citada como modelo por este técnico en varias publicaciones.

Las instalaciones de cloración de la usina de Reims son del tipo Bunau - Varilla, con dispositivo de control y registradores de las adiciones de la solución esterilizante sistema Ladroitte, cuyas características el informante puso de manifiesto al proponer la adquisición de equipos "Bunau - Varilla" para algunas usinas del país. El resto de las instalaciones del establecimiento se reduce a las bombas, pues el agua proviene de pozos profundos y no recibe otro tratamiento que la esterilización, por cuya causa no se harán otros comentarios a su respecto.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Sarrebrück

Durante su residencia en Sarrebrück el informante tuvo ocasión de visitar la usina de bombeo y purificación de su abastecimiento de agua potable, establecimiento de construcción muy reciente.

El agua que se trata proviene de 10 pozos de gran diámetro y reducida profundidad, excavados en un bosque situado a algunos kilómetros de la ciudad. Llega a la usina de purificación por medio de sifones formados por tubos de fundición. La mayor distancia entre un pozo y la usina no alcanza a un kilómetro.

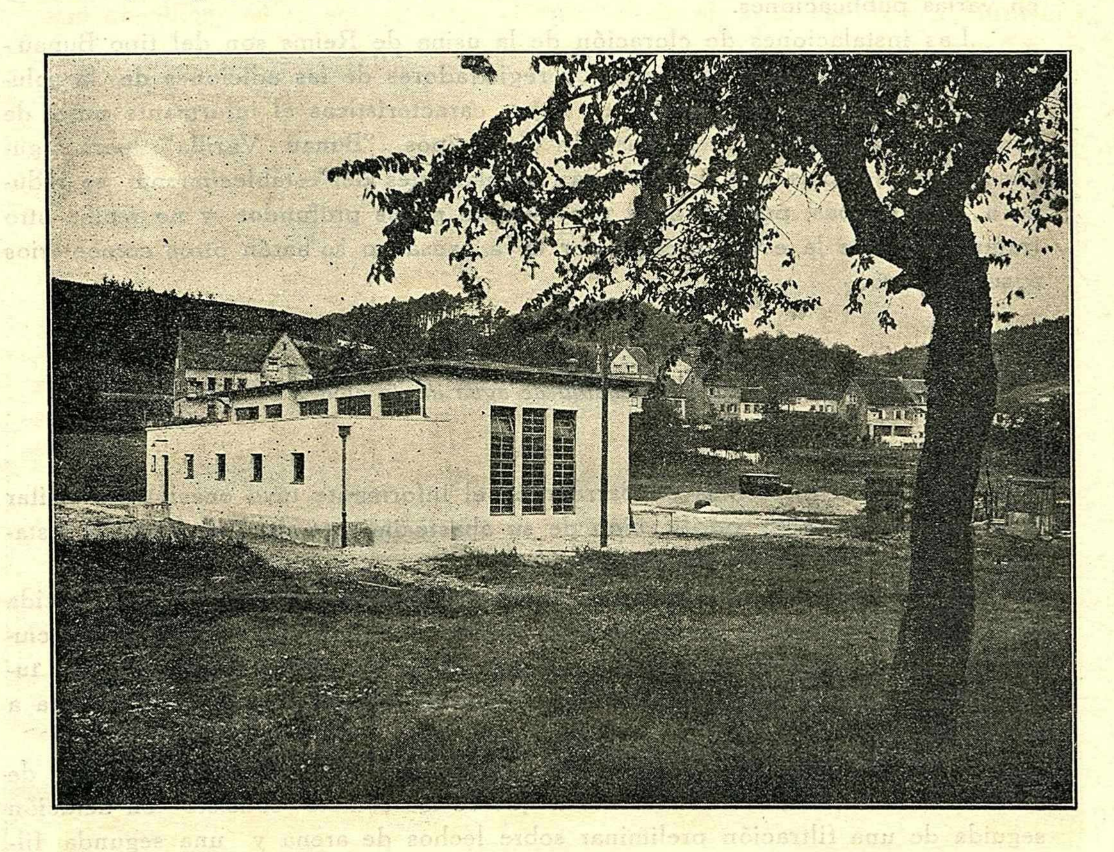
Como las aguas contienen hierro, manganeso y una gran proporción de anhidrido carbónico, el tratamiento a que se las somete consiste en aeración seguida de una filtración preliminar sobre lechos de arena y una segunda filtración sobre lechos de arena y mármol triturado. Como es sabido, durante la aeración parte del anhidrido carbónico pasa a la atmósfera y el hierro y el manganeso en solución se oxidan y transforman en compuestos insolubles que precipitan en la parte inferior de las instalaciones de aeración o son retenidos en los filtros. La parte restante del anhidrido carbónico o ácido carbónico queda retenido en el lecho de material calcáreo.

El agua de los pozos llega a una cámara o depósito recolector de 25 m.^{3} de capacidad, de donde la toman las bombas que la elevan a las instalaciones de aeración.

Esas instalaciones están constituídas por una red de tuberías horizontales formada por canalizaciones paralelas, distantes entre sí 70 cm., colocadas sobre 5 rejas o telares superpuestos, también horizontales, distantes uno de otro 30 cm. En cada tubería se han colocado pulverizadores a la distancia de 40 cm., dispuestos en tresbolillo. Hay 625 pulverizadores en total. Las barras de

las rejas o telares están constituídas por listones de madera de 50 mm. de ancho y 25 mm. de espesor. Las barras de un telar están verticalmente en correspondencia con los espacios comprendidos entre las barras de los telares inmediatos.

El agua impulsada por las bombas es descargada violentamente sobre el telar superior a través de los pulverizadores, produciéndose una lluvia fina que favorece el escape del anhidrido carbónico y la iniciación de la oxidación del hierro y del manganeso, aunque ésta en menor escala que aquella. El agua



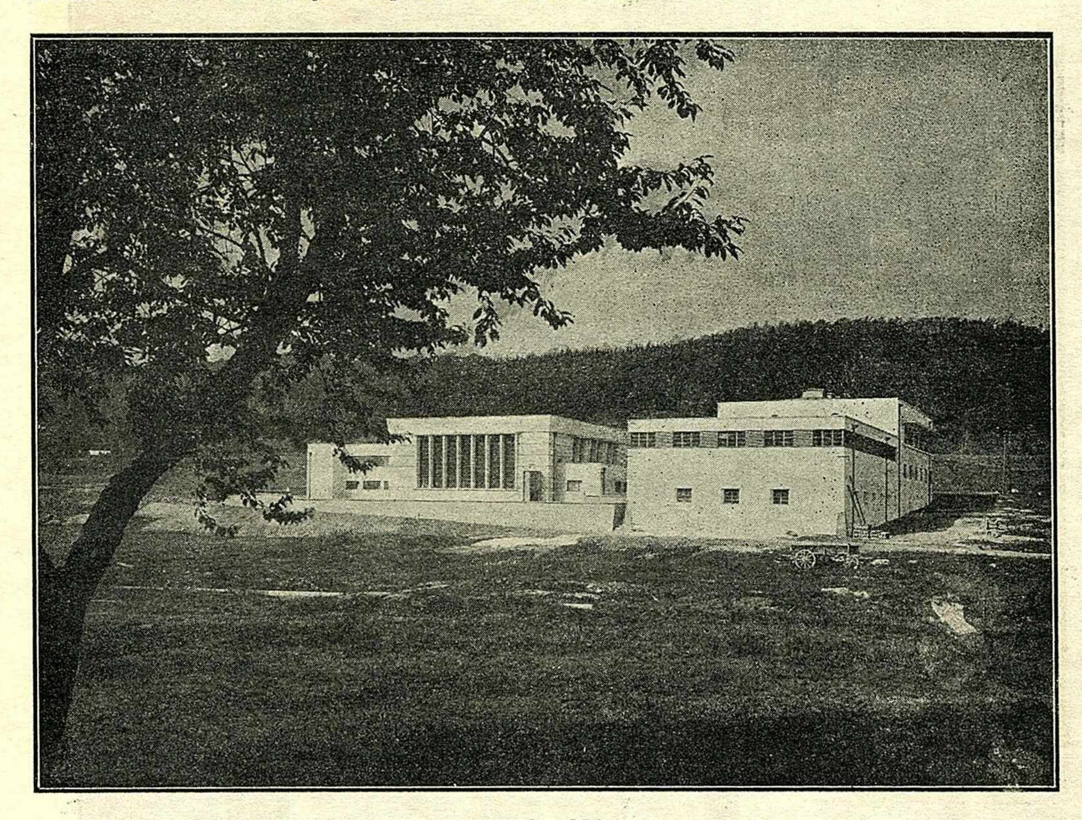
(FIG. 26)

Ciudad de Sarrebruck. — Vista del local de las bombas proveedoras de la usina de purificación de agua

atraviesa enseguida en forma de cascada los telares inferiores, donde en contacto con el aire ascendente se completa la oxidación del hierro y el manganeso que contiene, pasando inmediatamente a los filtros preliminares emplazados en una planta inferior. El conjunto formado por la tubería de distribución y los telares están construídos en una torre central o local cubierto, rodeado de una galería circundante, habiéndose tomado todas las precauciones necesarias para que el aire pueda circular libremente dentro de él.

Los filtros preliminares están constituídos por un lecho de piedra partida, de 60 cm. de espesor, sobre el que se apoya otro, de 60 cm. de espesor, de arena de 2 mm. La velocidad de filtración es de 4.00 m.^{3} por metro cuadrado de lecho y por día. La pérdida de carga inicial es de 30 cm y la final de 2.00 m. En estos filtros queda retenido gran parte del hierro y manganeso en suspensión o en estado coloidal.

Como ya se dijo, para reducir la agresividad del agua reduciendo al mínimo el anhidrido carbónico libre, el efluente de los filtros pasa sobre otros, constituídos por una capa de piedra partida sobre la que se ha colocado una de mármol triturado, que soporta otra de arena fina (de 1 mm.).



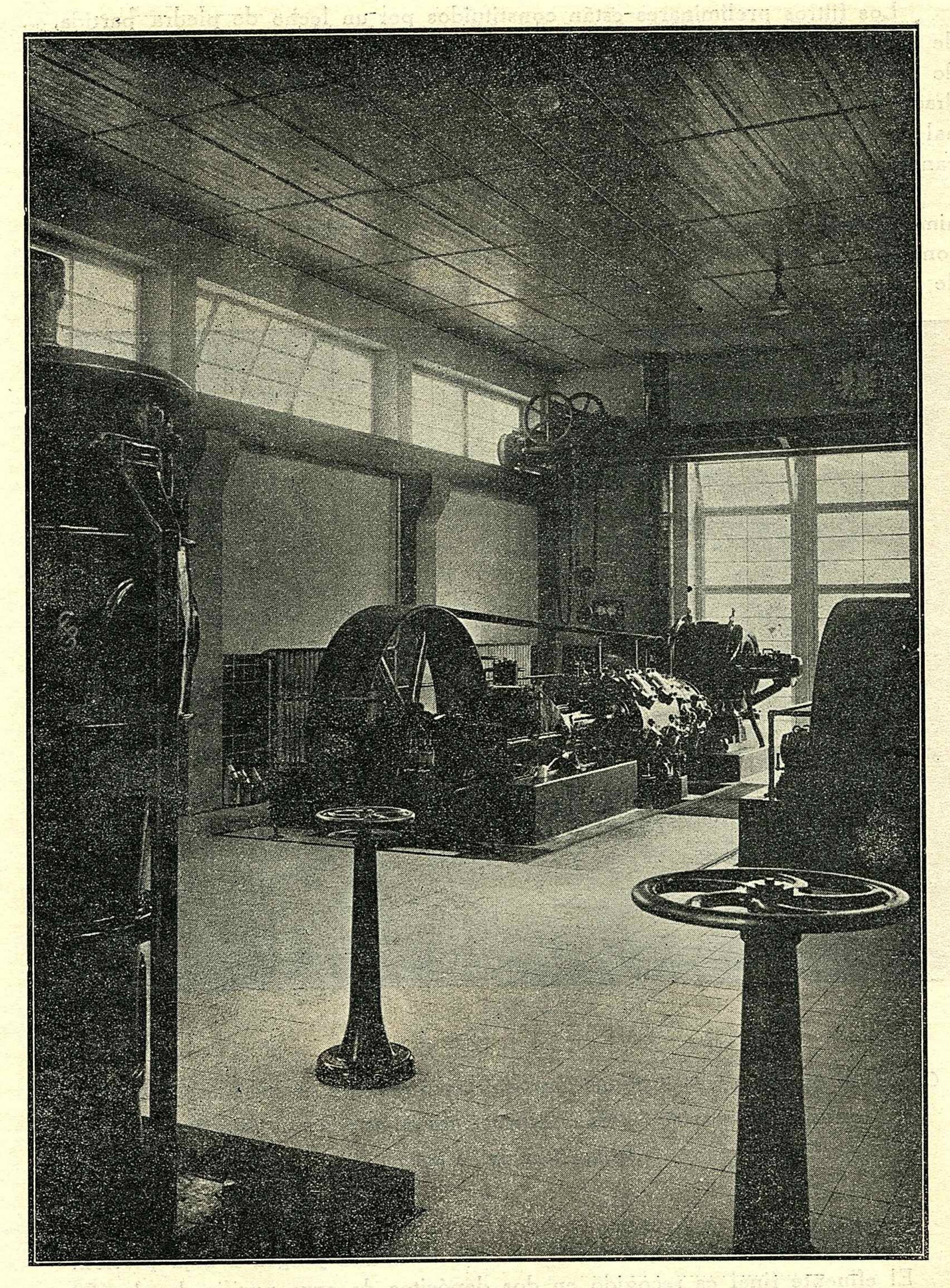
(FIG. 27)

Ciudad de Sarrebruck. — Vista del local de transformación de energía y bombas elevadoras; casa de filtros e instalaciones de aeración de la usina de purificación de agua

Los filtros se limpian por medio de aire insuflado y agua a baja presión.

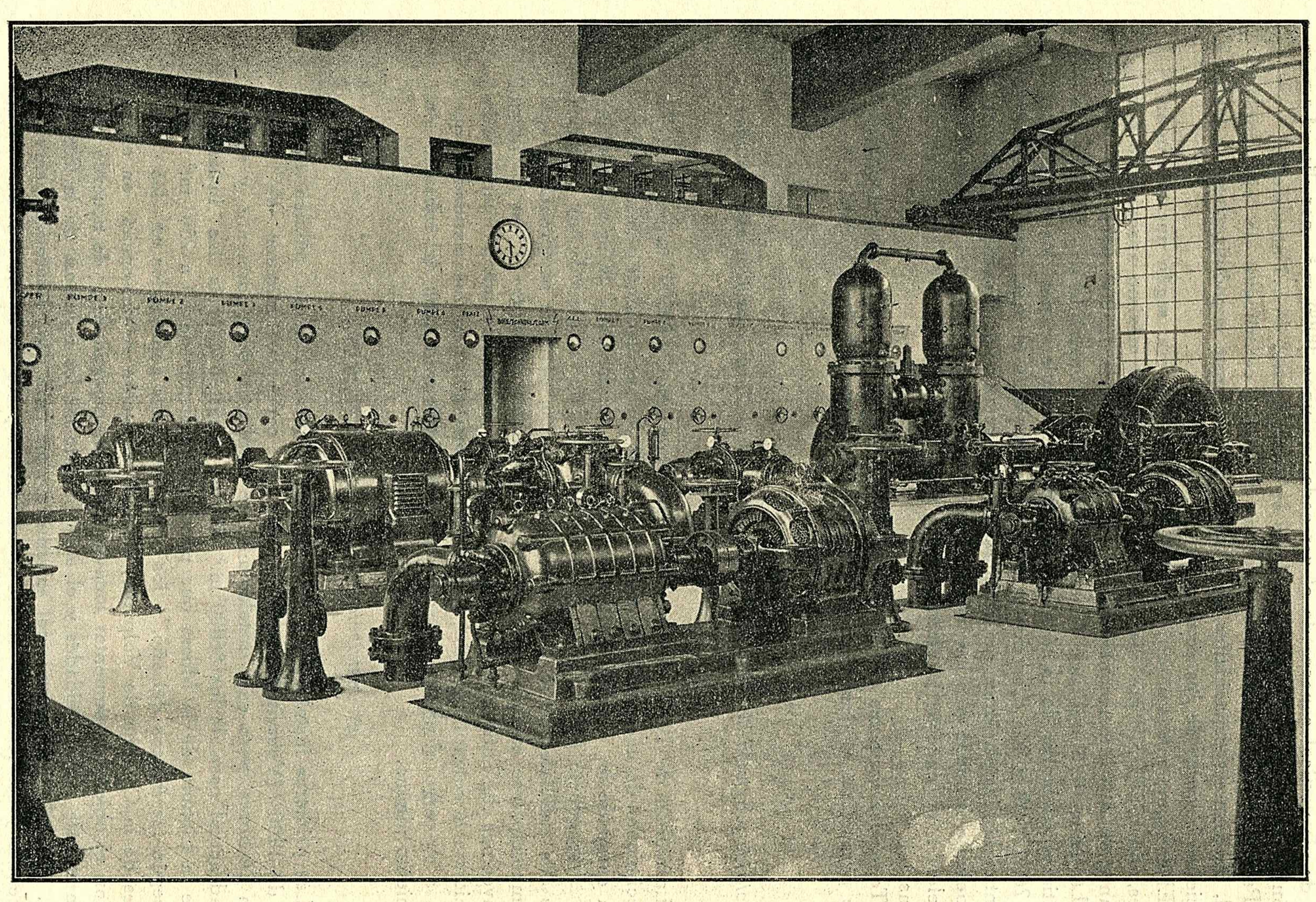
El efluente final es recogido en dos depósitos de agua purificada, de 600 y 200 m.^{3} de capacidad. Los técnicos de Sarrebrück no han juzgado necesario esterilizar el agua, pués es excelente desde el punto de vista bacteriológico.

Para elevar el agua a las instalaciones de aeración hay 4 bombas centrí-



(FIG. 29)

Ciudad de Sarrebruck. — Vista de las bombas proveedoras y de las máquinas para mantener el encebamiento de los sifones en la usina de purificación de agua



(FIG. 30)

Ciudad de Sarrebruck. — Vista interior del local de las bombas elevadoras de la usina de purificación de agua

fugas de eje vertical capaces de elevar cada una unos 9000 m.³ por día. La presión o carga sobre los pulverizadores es normalmente de 2.5 atmósferas.

Para elevar el agua a la ciudad hay 6 bombas centrífugas de eje horizontal, de diversas capacidades, para poder hacer frente económicamente a las variaciones horarias de los consumos.

El consumo máximo de la ciudad de Sarrebrück era, según nuestros informantes, de 27000 m.³ por día, lo que da un consumo máximo aproximado por habitante, de 210 litros, considerando una población de 127000 personas.

La usina de Sarrebrück es un establecimiento construído de acuerdo con los últimos adelantos de la técnica como podrá apreciarse por las fotografías, Figs. 26, 27, 29 y 30. Las dos primeras corresponden al local de bombas que alimentan las instalaciones de purificación, la tercera nos muestra un aspecto del conjunto formado por los locales de filtración y del local de las bombas que elevan el agua a la ciudad, y la última, el interior de ese local de bombas.

Todas las ventanas de los locales de aeración y filtración tienen cristales azules para evitar el desarrollo de algas en las aguas debido a la luz.

Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Turin y pueblos circunvecinos

La ciudad de Turin cuenta actualmente con unos 600000 habitantes. Su abastecimiento de agua potable, así como el de las poblaciones circunvecinas, está a cargo de la "Sociedad Anónima para la conducción de agua potable" y del "Acueducto Municipal". En muchas calles de la ciudad hay tuberías de las dos entidades, pues trabajan en competencia, pero de preferencia el servicio municipal se extiende por los barrios exteriores modernos y las comunas circunvecinas de Turin que no eran abastecidas por la Sociedad mencionada al decidirse la construcción del Acueducto Municipal. Las dos entidades que tienen a su cargo el abastecimiento del agua, distribuyen agua del subsuelo sin tratamiento alguno.

a) Instalaciones del Acueducto Municipal.

Las primeras instalaciones municipales se libraron al uso público en Febrero de 1906 (Venaria Reale) y tenían una capacidad máxima de 43000 m.³ en 24 horas, pero esas instalaciones se ampliaron posteriormente y su capacidad actual pasa de los 86000 m.³ diarios. Existen además las instalaciones de la Llanura de la Mussa que pueden suministrar de 50 a 250 m.³ diarios, según las épocas del año, y los primeros pozos construídos en los alrededores de la Comuna de Volpiano, cuya construcción se proseguirá en el futuro con el objeto de aumentar todavía más esas capacidades, de acuerdo con el aumento de las necesidades y el acrecimiento de los recursos de la Corporación. El Acueducto Municipal suministra agua para uso doméstico, servicio de incendio y servicios industriales a una buena parte de la ciudad de Turin

y a las comunas vecinas de Venaria Reale, Grugliasco, Collegno, Robassonero, S. Mauro, Cavoretto, S. Vito, S. Margherita, Reaglie, Superga, etc. (Fig. 31).

En las instalaciones de Venaria Reale, situadas a unos 8 Km. de la ciu-

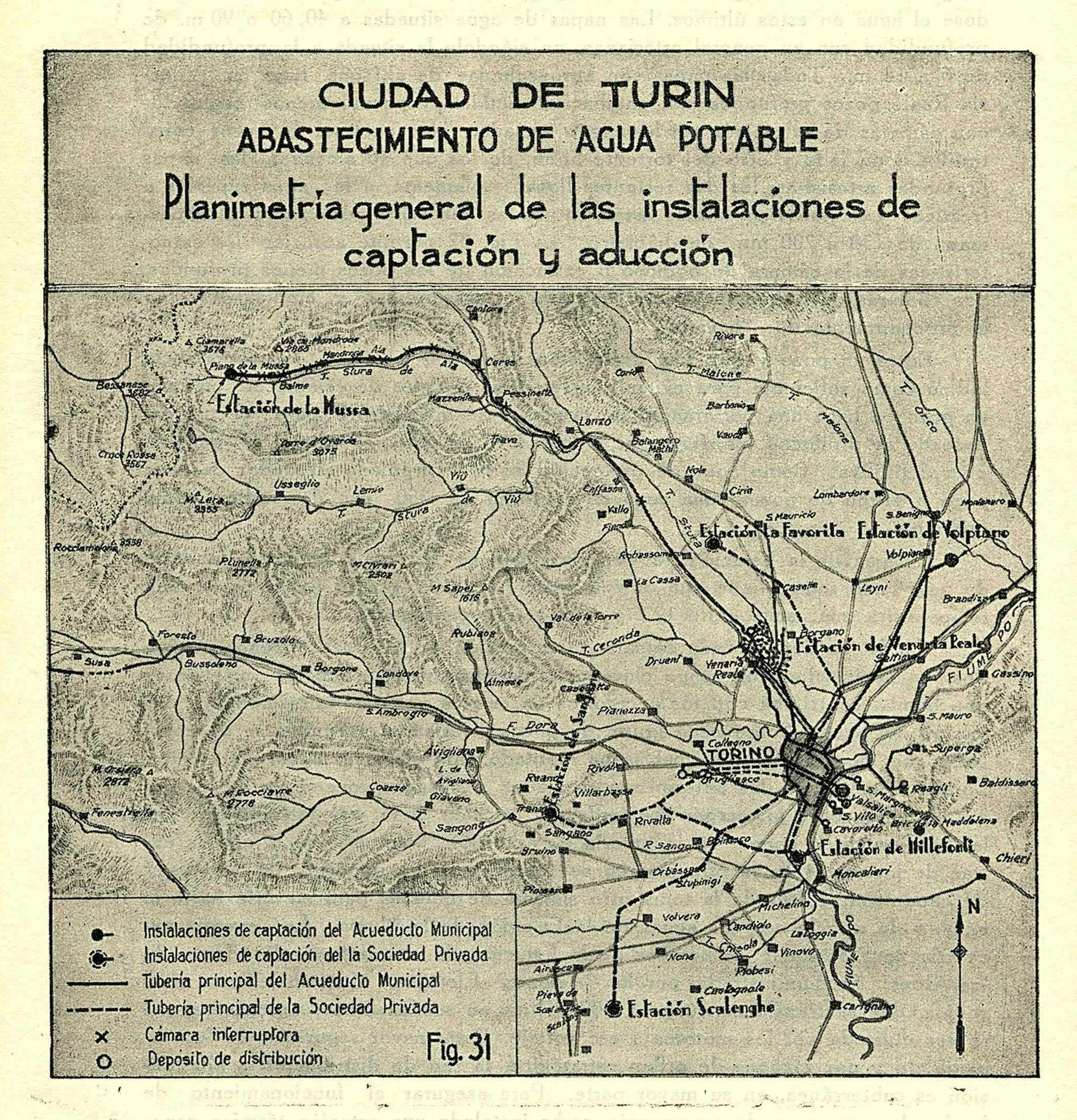


Fig. 31

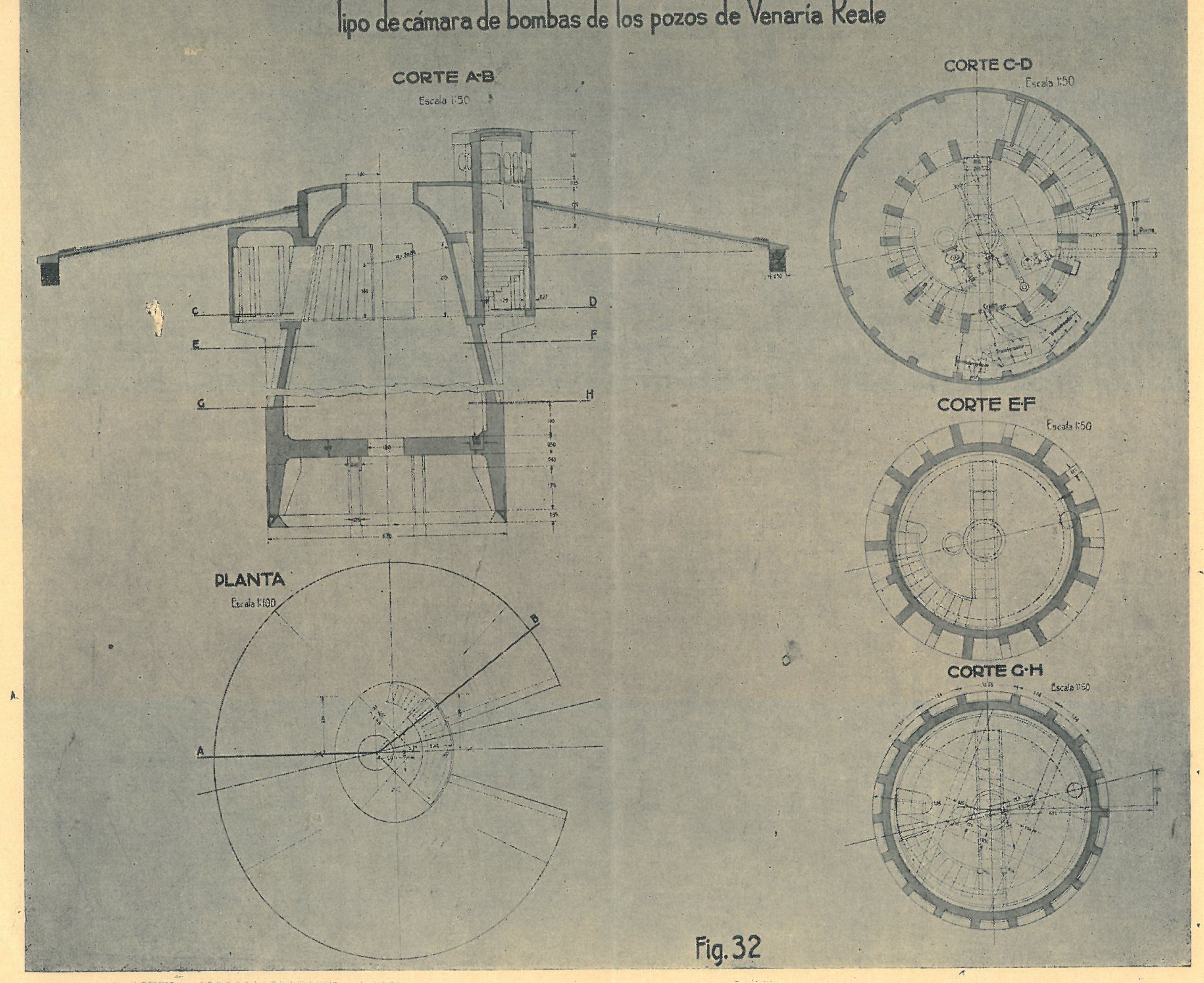
dad, se capta por medio de pozos el agua del subsuelo, contenida en el manto aluvional que se extiende entre Venaria Reale, Borgaro y Caselle, en la cuenca de los torrentes alpinos Ceronda y Stura, y se la eleva a la ciudad. El

subsuelo de esa zona hasta la profundidad de 100 m. está constituído por terrenos cuaternarios de transporte, dispuestos en estratos distintos de arcilla, conglomerados impermeables de arcilla y gravilla y arena y gravilla, encontrándose el agua en estos últimos. Las napas de agua situadas a 40, 60 o 90 m. de profundidad, son en general artesianas, no siéndolo la situada a la profundidad de 6 a 18 m. Todas las napas son aprovechadas, de ahí que haya en Venaria Reale pozos profundos con entubación metálica y pozos menos profundos con cámaras de extracción de hormigón armado. Hay en total 48 pozos construídos a un lado y otro del torrente Stura, de los que 46 alcanzan las napas profundas artesianas; los dos restantes llegan solamente a la napa superior o freática. Los pozos profundos están entubados con tubos de acero Mannesmann de 138 a 200 mm. de diámetro. La Fig. 32 permite apreciar las características de la cámara de bombeo o extracción de los pozos menos profundos. Son cámaras de hormigón armado que fueron descendidas y emplazadas por el procedimiento de "havage".

Entre un pozo y otro hay una distancia de 250 m., que la experiencia indicó como suficiente para evitar interferencias. Antes de establecer un nuevo pozo se hace una perforación de prueba y se investiga si para el caudal deseado se producen interferencias, iniciándose en caso contrario la perforación definitiva. Como zona de protección se ha expropiado alrededor de cada pozo o grupo de pozos, una zona de contorno de 250 m. de radio, como mínimo.

El agua de la Estación de Venaria Reale es límpida, incolora, inodora, de muy buen sabor, tiene una dureza entre 7.7 y 10.6 grados franceses y una temperatura que oscila entre 12.2 y 12 8 grados centígrados.

En el interior de cada cámara de extracción de los pozos menos profundos, se ha instalado un grupo elevador constituído por un motor eléctrico y una bomba centrífuga con los accesorios necesarios para la extracción y elevación del agua. Sobre cada grupo de pozos artesianos profundos se ha construído un local dentro del cual se ha montado, para elevar el agua, una electrobomba semejante a las anteriormente citadas El agua proveniente de los pozos situados sobre la margen izquierda del torrente Stura es introducida por las bombas directamente en la tubería de aducción, mientras que la que se extrae de los pozos de la otra margen se descarga en un depósito de 2000 $m.^3$ de capacidad, de donde la toma otro sistema de bombas para elevarla hasta la cámara de mezcla con las aguas de la Estación de la Mussa. La energía necesaria para accionar las bombas de la Estación de Venaria Reale viene de los Alpes. Es suministrada por la "Azienda Elettrica Municipale" a 6000 voltios, que se transforma luego a 500 voltios en sub-estaciones apropiadas, para ser utilizada por los motores a ese voltaje. Para mayor seguridad de funcionamiento y por razones de orden estratégico, la red de distribución a alta tensión es subterránea, en su mayor parte. Para asegurar el funcionamiento de las bombas en casos de emergencia, se ha instalado una estación térmica generadora de una potencia de 270 kW., constituída por 3 grupos, compuestos cada uno de un generador de gas pobre, un motor y un alternador con sus acceso-



CIUDAD DE TURIN
PROVISION DE AGUA POTABLE
Tipo de cámara de bombas de los pozos de Venaria Reale
CORTE A-B
Escala 1:50
C
D
E
F
G
H
PLANTA
Escala 1:100
A
B
CORTE C-D
Escala 1:50
CORTE E-F
Escala 1:50
CORTE G-H
Escala 1:50

Fig. 32

rios (ventilador para el gasógeno, compresor de aire para la puesta en marcha del motor, interruptores, aparatos de medida, puente-grúa, etc.)

Completan las instalaciones de Venaria Reale los contadores Venturi para la indicación, registro e integración del agua elevada a la ciudad, las líneas telefónicas necesarias para las comunicaciones del servicio, etc.

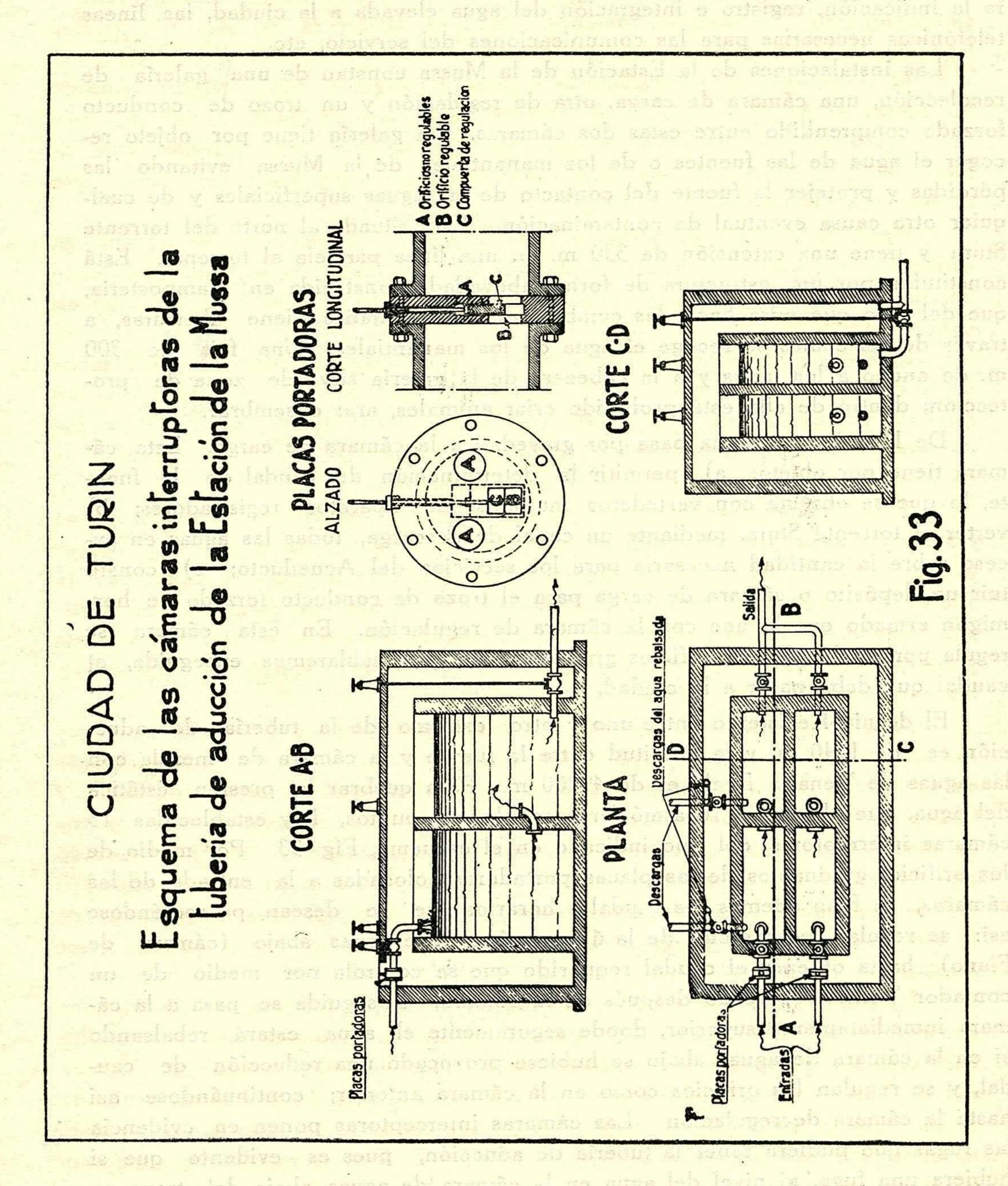
Las instalaciones de la Estación de la Mussa constan de una galería de recolección, una cámara de carga, otra de regulación y un trozo de conducto forzado comprendido entre estas dos cámaras. La galería tiene por objeto recoger el agua de las fuentes o de los manantiales de la Mussa evitando las pérdidas y protejer la fuente del contacto de las aguas superficiales y de cualquier otra causa eventual de contaminación Está situada al norte del torrente Stura y tiene una extensión de 330 m. en una línea paralela al torrente. Está constituída por una estructura de forma abovedada construída en mampostería, que del lado que mira hacia las cumbres de los montañas tiene aberturas, a través de las cuales se recoge el agua de los manantiales Una faja de 300 m. de ancho a los lados y a la cabecera de la galería sirve de zona de protección; dentro de ella está prohibido criar animales, arar o sembrar.

De la galería el agua pasa por gravedad a la cámara de carga. Esta cámara tiene por objeto: a) permitir la determinación del caudal de la fuente, lo que se obtiene con vertederos munidos de aparatos registradores; b) verter al torrente Stura, mediante un canal de descarga, todas las aguas en exceso sobre la cantidad necesaria para los servicios del Acueducto; c) constituir un depósito o cámara de carga para el trozo de conducto forzado de hormigón armado que la une con la cámara de regulación. En esta cámara se regula por medio de los orificios graduables de que hablaremos enseguida, el caudal que debe pasar a la ciudad.

El desnivel existente entre uno y otro extremo de la tubería de aducción es de 1440 m. y la longitud entre la fuente y la cámara de mezcla con las aguas de Venaria Reale es de 49200 m Para quebrar la presión estática del agua, que alcanza a 10 atmósferas en algunos puntos, hay establecidas 13 cámaras interruptoras del tipo indicado en el esquema, Fig. 33. Por medio de los orificios graduables de las placas portadoras colocadas a la entrada de las cámaras, se fijan además los caudales horarios que se desean, procediéndose así: se regulan los orificios de la última cámara de aguas abajo (cámara de Fiano) hasta obtener el caudal requerido que se controla por medio de un contador Venturi colocado después de la cámara. Enseguida se pasa a la cámara inmediatamente superior, donde seguramente el agua estará rebalsando si en la cámara de aguas abajo se hubiese provocado una reducción de caudal, y se regulan los orificios como en la cámara anterior; continuándose así hasta la cámara de regulación Las cámaras interceptoras ponen en evidencia las fugas que pudiera tener la tubería de aducción, pues es evidente que si hubiera una fuga, el nivel del agua en la cámara de aguas abajo del trozo en que se halle descenderá, en tanto que el de la cámara de aguas arriba permanecerá invariable.

En el trayecto recorrido por la tubería de aducción se han construído

algunas galerías de pasaje y un puente-acueducto sobre el torrente Stura, cerca de Lanzo. Se han construído también 6 casas para el personal de vigilancia y conservación. La tubería está constituída por tubos de acero de 300 mm. de diámetro, en un primer tramo situado en terreno montañoso (1250 m.); con



tubos de fundición, de diámetro variable entre 350 y 400 mm., entre el final del trozo anterior y la cámara interceptora de Ceres (16250 m.) y con tubos de láminas de acero, revestidos con cemento, de diámetro variable entre 350 y

500 mm., entre esa cámara y la de mezcla ya mencionada, situada en Venaria (31000 m. aproximadamente).

El agua de la fuente de la llanura de la Mussa es pura química y bacteriológicamente Es límpida, incolora e inodora, la dureza es de 5.5 grados franceses y la temperatura de 4.5° C.

El Acueducto Municipal puede extraer y conducir hasta Turin durante los meses de Mayo a Noviembre (primavera y verano) hasta 21600 m.^{3} por día y 4320 m.^{3} por día en los meses restantes del año, de acuerdo con la convención realizada con las comunas y particulares del Valle del Stura que usufructúan las fuentes de la Mussa.

Desde la comuna de Venaria hasta la red de distribución de Turin se extienden tres líneas de aducción de 600 mm. de diámetro, formadas por tubos de fundición colocados a una profundidad de 1.50 m. y cuya longitud total alcanza a 18494 m.

La red de distribución del Acueducto Municipal está formada por tubos de fundición de diámetros variables entre 600 y 50 mm. y tiene una longitud total de 421 kilómetros. Hay 1400 hidrantes o bocas de incendio, 900 bocas de riego y 80 fuentes y surtidores públicos. La presión media de servicio es de unas 5 atmósferas, la mínima es de 3 atmósferas

Para satisfacer las fluctuaciones del consumo diario y para establecer una reserva de agua, se construyó en la colina de Valsalice un depósito de hormigón armado de 20000 m.^{3} de capacidad, de dos compartimentos, cada uno de 10000 m.^{3}, unido a la red por una tubería de 800 mm. de diámetro. El depósito tiene doble pared para anular los efectos de los cambios de temperatura y permitir el control de las filtraciones que pudieran producirse a través de las paredes de la cuba.

Para poder abastecer algunos pueblos situados en las altas colinas que rodean a Turin se construyeron instalaciones de bombeo auxiliar: instalaciones de Cavoretto, S. Vito, S. Margherita, Reaglie, Mongreno, Superga, Grugliasco, y Collegno, compuesta cada una de una casa de bombas con dos o tres grupos de electro-centrífugas, una línea de aducción y un tanque o depósito elevado que alimenta una red de distribución. Los depósitos son, en general, de 100 m ^{3} de capacidad, habiendo alguno hasta de 500 m.^{3}. El agua proveniente de la red de distribución de la ciudad es tomada por las bombas y elevada a los depósitos.

La Fig 34 permite apreciar las características de los locales de bombeo construídos sobre los pozos de Volpiano ejecutados recientemente y con los cuales se piensa aumentar sensiblemente la capacidad del Acueducto Municipal de Turin. Actualmente hay construídos dos grupos de 4 pozos, profundizados algunos hasta 114 m. y otros solamente hasta 32 m., que dan en conjunto unos 8600 m.^{3} por cada 24 horas. El plan de futuras extensiones comprende la construcción de 24 pozos más, con lo que se piensa aumentar en unos 17000 m.^{3} la dotación del Acueducto Municipal. En la Fig. 34 pueden verse las aberturas A destinadas a permitir el pasaje de las herramientas para las limpiezas de las perforaciones, si fueran necesarias, y la abertura B

CIUDAD DE TURIN

PROVISION DE AGUA POTABLE

Tipo de cámara de bombas de los pozos de Volpiano

CORTE A-B

CORTE C-D

Piso de la cámara

PLANTA

CORTE E-F

Fig. 34

que sirve de ventilación y se ha previsto para poder extraer por ella, mediante un aparejo apropiado colgado de la ménsula C, las maquinarias al exterior para su reparación. Las aberturas A están cubiertas por una capa de tierra y la losa de hormigón que rodea el local y proteje los pozos de las infiltraciones. Cuando deban practicarse limpiezas de las perforaciones se deberá romper esa losa y retirar el relleno de tierra para poder quitar las bridas ciegas que obturan habitualmente las aberturas A.

Las cámaras inferiores de los locales de bombeo han sido descendidas y emplazadas por medio de aire comprimido. Los pozos de Volpiano están rodeados por un canal de recolección y alejamiento de aguas pluviales como medida de protección.

b) Instalaciones de la "Sociedad Anónima para la conducción de agua potable"

La "Sociedad Anónima para la conducción de agua potable" distribuye en la ciudad de Turin y sus alrededores, las aguas provenientes del subsuelo, captadas y elevadas en las instalaciones conocidas por La Favorita, Sangano, Millefonti y Scalenghe. El informante tuvo ocasión de visitar estas dos últimas.

Las instalaciones de Scalenghe, que constituyen un conjunto moderno› admirable por más de un concepto, (1) fueron proyectadas y construídas por los Ing.os Francesetti y Vanni (actual Administrador-Delegado de la Sociedad) y están en funcionamiento desde 1928. En la estación de captación y bombeo, situada cerca de la comuna de Scalenghe, se capta por medio de pozos entubados el agua de las napas profundas del subsuelo, constituído por una serie de estratos sedimentarios superpuestos, bastante uniformes, formados por conglomerados impermeables de arena, cantos rodados y arcilla, y de arena y cantos rodados en los que se encuentra el agua. La napa freática se encuentra entre 9 y 13 m. por debajo del nivel del terreno natural; entre 30 y 38 m. hay una segunda napa que se eleva a 0,25 m. sobre el nivel de referencia ya mencionado, de la que puede extraerse por medio de bombas 7 l. por segundo. La temperatura del agua es de 12.5°C y la dureza de 14 a 55 grados franceses. Entre los 71 y 76.50 m. hay otra napa que se eleva a 1.80 m. sobre el plano de referencia, con descarga expontánea de unos 2 l. por segundo. La temperatura del agua es de 13.7°C y la dureza de 14 grados franceses. Entre 89.50 y 93 m. hay una cuarta napa que se eleva a 3.42 m. sobre el plano de referencia, con descarga expontánea de 1 l. por segundo. La temperatura es de 13.9°C y la dureza de 12 a 13 grados franceses. Entre 107 y 109 m hay una napa que se eleva a 6.50 m. sobre el plano de referencia que da de 1 a 2 l por segundo, siendo la temperatura de 14.4°C y la dureza de 12 grados franceses. Entre 139.50 y 140 60 m. y 158 y 159 75 m. hay otras napas, pero las únicas utilizadas son las anteriores, con excepción de la napa freática.

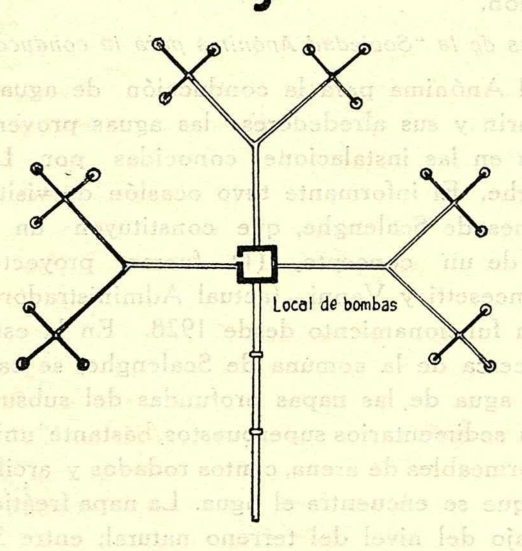
Los pozos están distribuídos en 15 grupos de seis ternas; estando dispuestos los 18 pozos de cada grupo, Fig. 35, dentro de una circunferencia de

(1) El conjunto de estas instalaciones es conocido con el nombre de Acueducto Ingeniero Conde Francesetti, en memoria del ex - Director de la Sociedad propietaria, que fuera en vida un técnico hidráulico de alta reputación en Italia

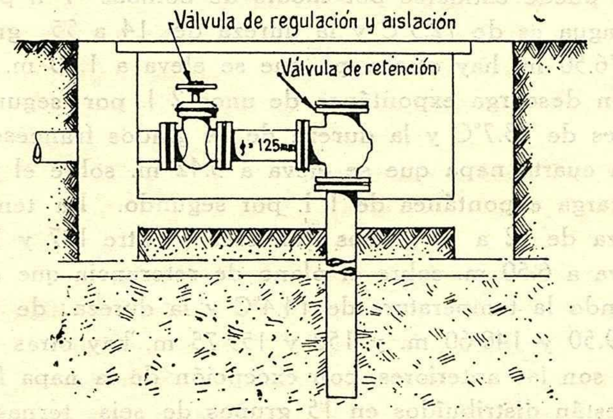
CIUDAD DE TURIN

Esquema de la disposición de los pozos en la Estación de captación y bombeo de Scalenghe

Fig 35



TUBERIA DE EXTRACCION DE UN POZO



90.00 m. de radio. En el centro de cada grupo se levanta un pequeño local donde están emplazadas las bombas encargadas de elevar el agua. Cada pozo de una terna toma el agua de una de las tres napas captadas. La entubación de cada pozo termina sobre el terreno natural en una válvula de retención que comunica con la tubería de extracción, de 125 mm. de diámetro, con la interposición de una llave de paso, que sirve para regular la salida del agua y aislar un pozo si fuera necesario.

Las tuberías de extracción están constituídas por tubos de acero Mannesmann, soldados entre sí para evitar contaminaciones del exterior. La tubería de extracción de cada grupo de pozos termina en una cámara de vacío, cilíndrica, de chapa de palastro, de la que arranca la tubería de aspiración de las bombas. El aire arrastrado por las aguas se acumula en la parte superior de esa cámara, de donde es desalojado periódicamente por medio de un aspirador electro-centrífugo comandado por un interruptor automático a flotador.

En cada local hay instaladas dos bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos de corriente contínua. La capacidad máxima de cada bomba es de 180 m.³ por hora.

En la tubería de impulsión de las bombas, dentro de cada local, hay instalado un contador Venturi de 350 mm. de diámetro con indicador instantáneo de caudal. Cada estación de bombeo está ligada a la cámara de carga de la línea de aducción por medio de una tubería de "Eternit" de diámetro variable entre 350 y 800 mm., con presiones de trabajo inferiores a 2 atmósferas (1) que descarga en una de las dos canalizaciones colectoras principales de 800 mm. de diámetro; cada una de las cuales descarga a su vez en la parte inferior de una primera cámara de carga, atravesando una válvula de control regulada con un contrapeso. En esta cámara el agua alcanza una altura de 2.45 m., pasando de allí, por desborde, a otra cámara o "pozo de carga" del que parte un conducto forzado de hormigón armado de 1.20 m. de diámetro, cuya presión máxima de trabajo es algo superior a 1 atmósfera. La primera de esas cámaras es de hormigón armado, de planta circular, de 5.90 m. de diámetro en la base y 6.10 m. en su parte superior, con una profundidad al nivel del agua de 6.80 m. Para proteger el agua de las variaciones de temperatura la cámara está revestida exteriormente con ladrillos huecos. La segunda cámara es también de hormigón armado; tiene forma cilíndrica, siendo el diámetro interior de 2.00 m. El fondo de esta cámara está 1.55 m más abajo que el fondo de la otra.

Entre el pozo de carga y la estación de bombeo de Beinasco el conducto forzado atraviesa por debajo las vías del ferrocarril Turin-Pinerolo y el torrente Chisola sobre un puente-acueducto a arco parabólico, de 32.00 m. de luz, llegando hasta una cámara de unión o empalme con la canalización a discurrimiento libre, que constituye su prolongación hasta otra cámara de igual naturaleza que la anterior, que sirve para empalmar dicha canalización a discurrimiento libre con otro trozo de conducto forzado que llega hasta la estación

(1) Tubos Eternit de clase A probados a 5 atmósferas.

de Beinasco. En esta estación de bombeo, el agua pasa a las bombas directamente o después de pasar por un depósito de 5000 m³ de capacidad, de planta cuadrada. Las bombas de la usina de Beinasco tienen una capacidad total de 4300 m.³ por hora, siendo la altura de elevación de 54 m. La potencia de los motores alcanza a 1200 H. P. A la salida de la usina de Beinasco la línea de impulsión atraviesa un puente-acueducto sobre el torrente Sangone, de 80.00 m. de longitud total, dividido en 5 tramos. El trozo comprendido entre este puente y la cámara de mezcla de las aguas del acueducto de Scalenghe con las del acueducto de Sangano, de unos 3550 m. de longitud, está construído con tubos de hormigón armado (1100 m.) y Eternit (2550 m.)

De la cámara de mezcla mencionada el agua llega antes de penetrar a la ciudad a los depósitos de almacenaje y distribución situados en la localidad de Baraccone, en territorio de Collegno. Hay allí tres depósitos: dos antiguos de 10000 y 2000 m.³ de capacidad y uno nuevo de 35000 m³, unidos entre sí por un canal subterráneo de hormigón armado, de sección rectangular con aristas redondeadas, de 2.40 por 1.80 m., y 60.00 m. de longitud.

El tanque ultimamente construído es de planta rectangular, de 154 por 66 m, siendo la altura del agua de 3.50 m. Es un tanque semi-enterrado con fondo y paredes de hormigón simple y techo de vigas y losas de hormigón armado sostenido por 608 pilares de igual material, dispuestos en 16 filas paralelas a la distancia de 4.00 m. una de otra. El techo está recubierto con una capa de tierra de 1.20 m. para protejer el agua de las variaciones de temperatura.

La capacidad de las instalaciones de Scalenghe permite suministrar unos 103680 m.³ de agua por día. La potencia total de los motores instalados en los locales de bombeo de la estación de captación alcanza a 700 HP.

Para recoger y conducir el agua de la napa freática, muy abundante en dicha estación, se ha construído una red de drenaje con tubos de cemento unidos a juntas secas, que descargan en otra red de canales a cielo abierto de más de siete kilómetros de desarrollo.

La zona de captación tiene una superficie de 173 hectáreas. Es propiedad de la Sociedad constructora de las obras, la que se ha asegurado una amplia zona de protección. Ha sido plantada profusamente con álamos del Canadá, que allí se desarrollan muy bien debido al agua disponible en la napa freática.

Las instalaciones de Millefonti están situadas sobre la ladera del río Pó, a unos dos kilómetros de la ciudad y próximas a los nuevos barrios fabriles de la misma. Teniendo en cuenta la capacidad del acueducto Ingeniero Francesetti la "Sociedad Anónima para la conducción de agua potable" las mantiene y conserva actualmente como reserva para casos de emergencia, conjuntamente con las instalaciones de "La Favorita". Constan de dos galerías de recolección del agua de los manantiales de la región, que forman ángulo recto. Una de las galerías tiene 200.00 m. de longitud y la otra 65.00 m. El agua de las galerías se recoje en un pozo que está en comunicación con el de aspiración de las bombas. Las galerías están construídas a 15 m. de profundidad y tienen un ancho de 2.00 m. Los muros son de mampostería y el techo tiene

forma de bóveda. La capacidad de las instalaciones de Millefonti es de unos 34560 m.^{3} diarios. El agua es bombada directamente a la distribución. Las galerías distan unos 500 m. de los edificios más próximos.

Para terminar con las instalaciones propiedad de "La Sociedad Anónima para la conducción de agua potable" de Turin, agregaremos que las 5 galerías de captación de Sangano, situadas a 18 Km. de la ciudad, producen alrededor de 56000 m.^{3}, caudal que es recojido en un depósito de 2000 m.^{3} y pasa luego a través de una canalización a discurrimiento libre, de unos 12 km. de longitud, hasta llegar a la cámara de mezcla, donde se une con el proveniente de la planta de Scalanghe, para pasar de allí a la ciudad; que las instalaciones "La Favorita", situadas a unos 15 Km. de Turin, tienen una capacidad de 5000 m.^{3} diarios y constan de dos galerías de recolección, de las que por medio de bombas se eleva el agua a un depósito de cabecera inmediato, de 2000 m.^{3} de capacidad, unido a la red de distribución por medio de una tubería de "Eternit", de 12.5 Km. de longitud; y que en la colina de Varsalice la "Sociedad" tiene también un depósito de distribución para satisfacer las fluctuaciones del consumo diario, de unos 6300 m.^{3} de capacidad.

Desde hace muchos años la "Sociedad Anónima para la conducción de agua potable" de Turin, utiliza los tubos "Eternit" en la red de distribución, material que según el Ing.° Vanni, responde perfectamente a las necesidades de los servicios de aducción y distribución. La presión máxima en las tuberías de la red de distribución es de unas 7 atmósferas y la mínima de 3 atmósferas.

Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Milán

La ciudad de Milán tiene una población de 900 000 habitantes, aproximadamente. Como Lyon y Turin, se abastece con agua del subsuelo, pero sus instalaciones de captación y bombeo se diferencian de las de esas dos ciudades por su cantidad, por estar diseminadas dentro de la planta de la ciudad y por la disposición de las distintas partes que las constituyen. Ya se ha visto que en Lyon, como en Estrasburgo, el agua es captada en pozos o en cámaras especiales y llega por sifonaje a los pozos de succión de las bombas que la elevan a la red de distribución, y que en Turin el agua es elevada directamente de los pozos, más o menos profundos, ya sea por bombas colocadas sobre los mismos pozos o sobre un grupo (Venaria Reale y Volpiano) o indirectamente por bombas que la toman en cámaras de vacío interpuestas entre ellas y los pozos, agrupados de manera especial (Scalenghe). En Milán, como más adelante se verá, en la mayoría de las estaciones de bombeo se ha adoptado la cámara de vacío intermediaria, pero los pozos tienen una disposición distinta a la de Scalenghe. Hay además seis nuevas estaciones donde se realiza un doble bombeo: una primera elevación hasta una cámara desarenadora y luego una segunda elevación hasta la red de distribución. Otra diferencia entre las instalaciones de Milán y las de las otras tres ciudades mencionadas es que alrededor de estas últimas se han previsto zonas de protección, en tanto que en aquellas las napas de agua utilizadas están protejidas naturalmente contra

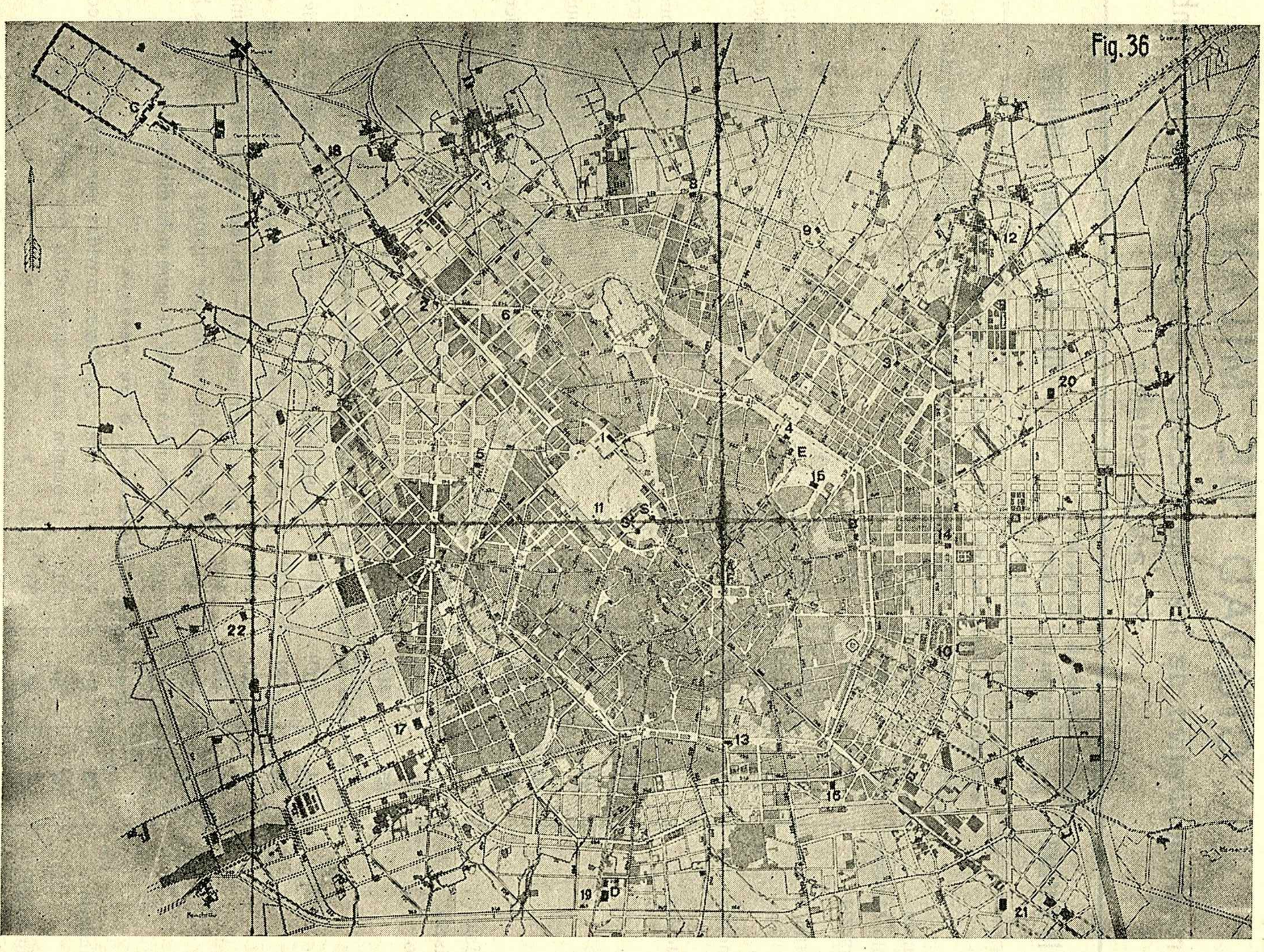
las infiltraciones superficiales, por medio de los estratos superiores de margas, margas-arcillosas o arcilla, que constituyen un manto de protección casi impermeable.

La ciudad de Milán está situada en la llanura lombarda, cuyo subsuelo está constituído por una formación aluvional compuesta por una sucesión de estratos alternados de arcillas, margas, arenas margosas y arcillosas, cantos rodados y arenas de diversa composición granulométrica; muy ricos estos últimos en agua, química y bacteriológicamente de buena calidad, que se distribuye a la población sin tratamiento alguno.

Los numerosos pozos de prueba construídos y los habilitados al servicio público han permitido determinar napas utilizables entre 3 y 4 m., 13 y 14 m., 30 y 35 m., 45 y 55 m. y 95 y 105 m. de profundidad; siendo las dos últimas las más ricas. Algunos pozos son artesianos, alcanzando el agua una altura de 3.00 m. sobre el nivel de los terrenos circundantes, pero en general el nivel piezométrico está de 2 a 4 m. por debajo de ese nivel. En cualquiera de esos casos las condiciones para la extracción y elevación del agua son muy favorables.

En el plano Fig. 36 se indica el emplazamiento de las 26 instalaciones de captación y bombeo en funcionamiento en la época en que el informante visitó la ciudad de Milán (Julio de 1930) y en el cuadro N.° 3 se detallan las características principales de las mismas. Como se verá, cada instalación consta de un cierto número de pozos ligados a una estación de bombas. El número de estos pozos se ha limitado de modo que la capacidad máxima de cada instalación sea de 400 l. por segundo, para evitar una longitud excesiva de las tuberías de aspiración. Los 364 pozos utilizados en aquella época eran capaces de suministrar unos 640 000 $m.^3$ cada 24 horas.

Los primeros pozos construídos a fines del siglo pasado fueron revestidos con tubos de fundición de 800 o 600 mm. de diámetro, pero los construídos posteriormente fueron revestidos con tubos de acero Mannesmann de 150 a 368 mm., según las circunstancias. Los pozos se hallan emplazados, generalmente, en partes enjardinadas o en medio de las calzadas. La Fig. 37, permite apreciar la disposición general adoptada para una instalación de bombeo hasta estos últimos años, antes de que se resolviera la construcción de cámaras desarenadoras. Un grupo de pozos A, generalmente 5 o 6, está conectado a una tubería B, de diámetro creciente (frecuentemente de 200 a 350 mm.) que desemboca en la parte inferior de una cámara de vacío C, situada en el local de bombas. El aire recojido en la cámara C es extraído en algunas instalaciones por medio de una bomba especial y en otras por un eyector. La cámara de vacío tiene en su parte superior una válvula especial D para evitar el pasaje del agua. De la cámara mencionada el agua llega a las bombas a través de una tubería E, provista de una válvula de compuerta, para ser elevada a la red de distribución por medio de otra tubería, que en su arranque tiene una válvula de retención F, otra de regulación G y un contador Venturi, con dispositivo indicador, registrador e integrador para medir el agua bombada. Las bombas extractoras de las cámaras de vacío se usan para encebar las bombas centrífugas, cuando es necesario. La altura to-



Ciudad de Milán. — Planimetría general de la red de distribución de agua potable

CUADRO N.° 3

CIUDAD DE MILAN

Cuadro demostrativo de las instalaciones de captación y bombeo de agua potable

Nombre de la Estación	Número de pozos	Caudal máximo por segundo, en lt.	Potencia de los motores, en C. V.	Tipo de máquinas instaladas
ESTACIONES PRINCIPALES SIN CAMARAS DESARENADORAS				
Parco	14	300	300	2 bombas centrífugas movidas por motores eléctricos
Rondo Cagnola	21	300	300	2 » » » » » »
Vía Benedetto Marcelo	25	280	280	4 » » » » » »
Bastioni Venezia	9	120	120	2 » » » » » »
Piazza d' Armi	21	300	300	2 » » » » » » 2 » » » » » de combustión (1)
Vía Cenicio	12	300	300	2 » » » » » eléctricos
Piazza Piemonte	17	400	400	2 » » » » » »
Strada Comasina	15	400	400	2 » » » » » » 2 » » » » » de combustión (1)
Maggiolina	28	400	400	2 » » » » » eléctricos
Vía Anfossi	32	400	400	2 » » » » » » 2 » » » » » de combustión (1)
Viale Italia	20	300	300	1 bomba centrífuga movida por motor eléctrico
Trolter	22	400	400	2 bombas centrífugas movidas por motores eléctricos
Beatrice d'Este		400	400	2 » » » » » »
Corso Plebisciti		400	400	2 » » » » » »
Vía Palestro	24	400	400	2 » » » » » »
Via Crema	25	400	400	2 » » » » » »
ESTACIONES PRINCIPALES CON CAMARAS DESARENADORAS				
Napoli	24	400	400	Sobre cada pozo hay una bomba centrífuga de eje vertical movida por un motor eléctrico que eleva el agua a la cámara desarenadora. — En cada estación hay 2 bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos de ejes horizontales para elevar el agua a la distribución.
Espinasse	13	400	400	
A. Sforza	8	200	200	
Ing.° Poggi	13	400	400	
Martini	8	200	200	
R. Carriera	6	200	200	
ESTACIONES SECUNDARIAS O DE RESERVA				
Pallazi - Galleria	2	40	40	2 bombas centrífugas movidas por motores eléctricos
Musocco	2	20	20	1 bomba centrífuga movida por motor eléctrico
Leonardo da Vinci	2	35	35	1 » » » » » »
Giardini Publici	1	17	22	1 » » » » » »

(1) Las bombas movidas por motores a combustión interna se conservan como reserva.

CIUDAD DE MILAN

PROVISION DE AGUA POTABLE

Corte esquemático de las instalaciones de bombeo de la Estación "VIA ANFOSSI"

Fig 37

Estación de bombeo "VIA POGGI"

CORTE LONGITUDINAL

PLANTA

Fig 38

tal de elevación es variable, estando generalmente comprendida entre 40 y 60 metros.

La energía eléctrica utilizada para accionar los motores proviene según los casos de la "Sociedad Edison" o de la "Azienda Elettrica Municipale". La corriente de la primera de esas corporaciones es suministrada a 3600 voltios y la de la segunda a 8600 voltios, siendo ambas transformadas a 500 voltios antes de ser utilizadas por los motores. En algunas estaciones de bombeo hay bombas accionadas por motores de combustión interna que se mantienen como reserva. Se trata de la maquinaria primitiva de esas estaciones, de explotación menos económica que la instalada posteriormente.

La Fig. 38 representa el tipo de instalación adoptado para las estaciones de bombeo Napoli, Espinasse, A. Sforza, Ing. Poggi, Martini y R. Carriera, de construcción más reciente. Los pozos de estas estaciones están entubados con tubos de acero de 368 mm. de diámetro y sobre cada uno se ha montado una bomba centrífuga de eje vertical, accionada por un motor eléctrico, que eleva el agua a un depósito o cámara desarenadora ubicada en el mismo local de las bombas que elevan el agua a la distribución. El nivel piezométrico de los pozos está generalmente a 4.00 m. bajo el nivel de las calzadas, siendo la depresión de unos 2 m. cuando las bombas están en funcionamiento. La extremidad del tubo de aspiración de cada bomba está unos 8 m. por debajo del nivel alcanzado por el agua en esas circunstancias. Las bombas se gobiernan desde el local de las bombas que elevan el agua a la distribución. Tienen una capacidad de 30 l. por segundo y están accionadas por motores de 13 C. V., siendo la altura de elevación de 18 m.

El agua elevada por esas bombas llega a una ante-cámara A por medio de 4 tuberías ascendentes B, pasando por desborde sobre un tabique C a la cámara de decantación D, que atraviesa con una velocidad de 25 mm. por segundo, en 8 minutos. La cámara, de unos 200 m.^{3} de capacidad, tiene un falso-fondo formado por una especie de enrejado formado por chapas metálicas inclinadas unos 54° con la horizontal, en la forma indicada en el esquema adjunto a la Fig. 38, que tiene por objeto evitar que la arena decantada pueda ser removida por el agua. De la cámara D el agua pasa por desborde sobre un tabique E al compartimento de descarga F, de donde parten las tuberías de aspiración de cada una de las 2 bombas que elevan el agua a la red de distribución. La cámara tiene en su extremidad posterior un pozo de recolección de arena con un tubo de descarga gobernado por una llave de paso. La ante-cámara A y el compartimento F tienen también un tubo de descarga para las limpiezas, gobernados por llaves de paso. La altura máxima que alcanza el agua sobre el tabique C es de unos 40 cm. La disposición de las cámaras desarenadoras de las instalaciones modernas de Milán ha dado muy buenos resultados; fué adoptada por los técnicos del servicio de provisión de agua potable después de múltiples y cuidadosas pruebas con instalaciones de ensayos construídas con ese objeto. La cantidad de arena que se recoje alcanza a 1 m.^{3} por cada 100 000 m.^{3} de agua tratados.

El agua decantada en cada estación es elevada a la red de distribución por una de las dos bombas instaladas con ese fin. En el arranque de la tu-

bería de impulsión de cada bomba hay emplazada una llave de regulación y otra de retención. Dentro del local de cada estación, sobre la tubería de impulsión principal, hay instalado un contador Venturi de control, con indicador, registrador y totalizador.

El agua del Servicio Municipal de distribución de Milán se emplea en los usos domésticos e industriales y en todos los servicios públicos, incluyendo la alimentación de las cámaras de lavado de la red de alcantarillado (unas 600) y más de 200 fuentes y surtidores públicos.

La red de distribución abarca casi toda la ciudad. Está constituída por tubos de fundición de diámetros variables entre 600 y 100 mm. Hay en ella: 2000 hidrantes o bocas de incendio de 45 mm. y unos 4500 de 65 mm., generalmente espaciados cada 200 m., más de 600 bocas de riego y unas 100 descargas a los colectores públicos, de 200 mm. de diámetro como máximo. La presión media de servicio es de unos 30 m. Para asegurar esa presión y para regular las variaciones horarias del consumo, la ciudad cuenta con los pequeños depósitos construídos en las torres del Castillo Sforzesco, S_1 y S_2, Fig. 36. En el torreón del Este, restaurado en el año 1893, se construyó a 21.40 m. sobre el terreno natural un depósito de chapa de palastro, de 1200 m.^{3} de capacidad. En el torreón Sud, restaurado en 1904, se construyó a igual nivel que el anterior, otro depósito de hormigón armado de 1500 m^3 de capacidad. Ambos depósitos son alimentados por la parte inferior y descargan por los mismos tubos de alimentación. En el torreón Sud, debajo del depósito de 1500 m.^{3} se constuyó otro de hormigón armado y 500 m.^{3} de capacidad para alimentar los carros de riego y abastecer los tanques del ferrocarril Nord-Milano Este último depósito se alimenta por medio del rebalse del otro.

Con la red de distribución de Milán se abastecen algunas comunas circundantes como Grego Milanese y Musocco.

De acuerdo con un gráfico que hemos tenido a la vista, construído con los datos suministrados por los contadores Venturi de las estaciones de bombeo, en el año 1929 la cantidad de agua elevada alcanzó a 104 277 195 m.^{3}, siendo la máxima diaria de 388 789 m.^{3} y la media diaria de 285 691 m^3; de donde resulta una relación de las máximas a la media de 1.36 y un consumo medio diario por habitante de 317 l., aproximadamente.

Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Madrid

La capital de España tiene actualmente alrededor de 800 000 habitantes Su abastecimiento de agua potable está a cargo principalmente del Canal de Isabel II, cuyas obras fueron proyectadas y construídas por el Estado, quien tiene a su cargo la explotación (1). Una sociedad privada denominada "Sociedad Anónima Hidráulica Santillana" realiza, en concurrencia con el Canal,

(1) Con el advenimiento de la República en España se ha cambiado la denominación de esta Corporación que se llama ahora Canal de Lozoya. No obstante, en la descripción de las obras se mantendrá la denominación primitiva por ser la que tenía el Canal cuando el informante visitó sus instalaciones.

el abastecimiento de ciertos barrios de la ciudad. Dicha Sociedad distribuye para los servicios de la población de Madrid y riegos en las zonas circundantes, hasta unos 52000 m.[3] diarios de agua, proveniente de un embalse que creó en el río Manzanares construyendo una presa con esos fines y para producir energía eléctrica, aprovechando unos saltos. Según los informes que hemos recojido a su respecto, la "Hidráulica Santillana" es una corporación destinada a hacer débiles progresos por falta de prestigio y medios para competir con el Canal, cuya importancia ha crecido incesantemente desde su iniciación. Dicha Sociedad mantendría sus instalaciones en funcionamiento porque todavía producen beneficios aceptables y sobre todo por si el Estado o los Tribunales resolvieran, de acuerdo con sus pretenciones, la expropiación de las mismas y la adquisición de los derechos que pretende poseer sobre la cuenca del Lozoya y para abastecer exclusivamente ciertos barrios de la ciudad; aspiraciones que las autoridades no han reconocido hasta ahora en las ocasiones que han debido pronunciarse, por falta de fundamentos legales.

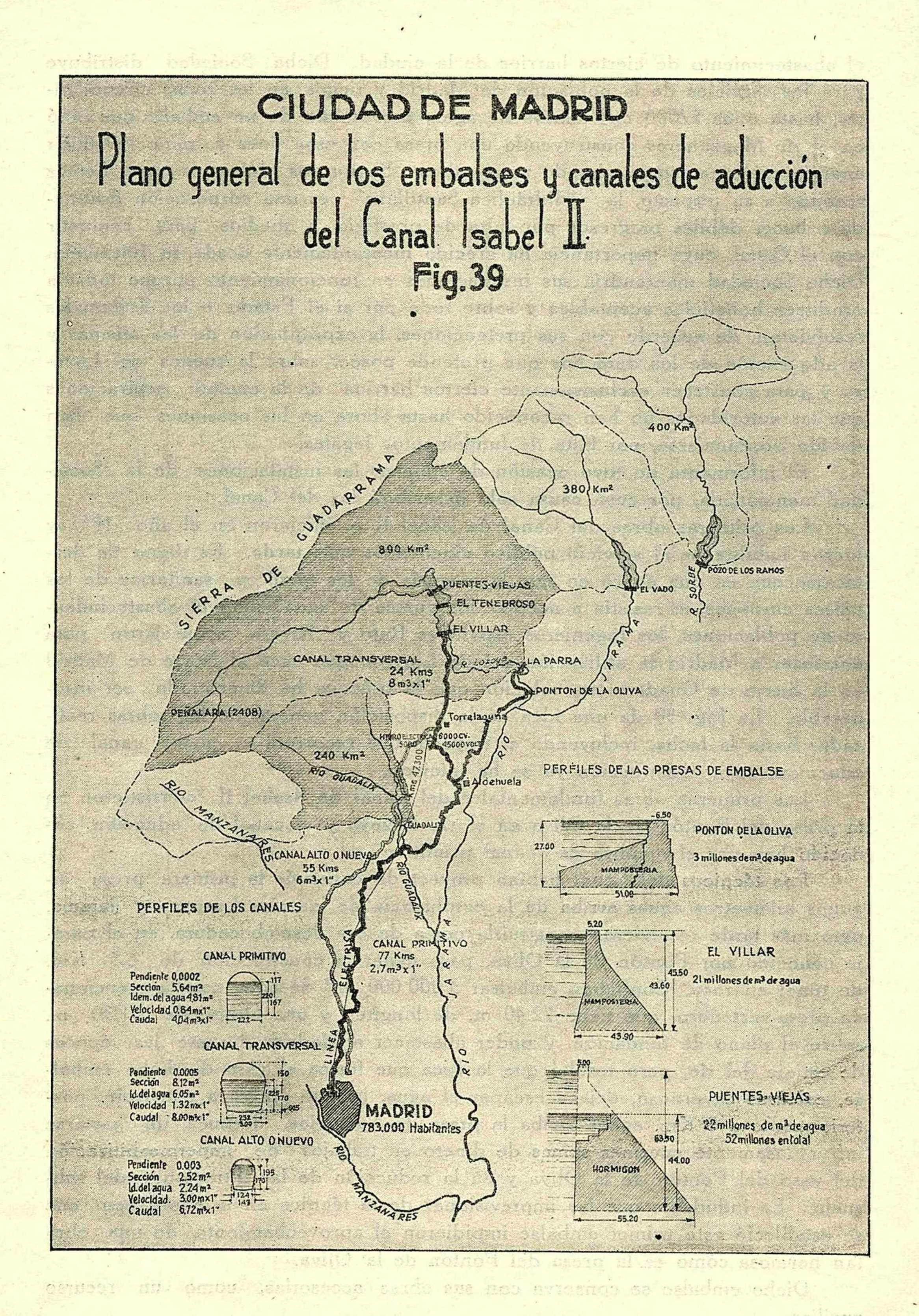
El informante no tuvo ocasión de conocer las instalaciones de la Sociedad mencionada, por cuya causa solo describirá las del Canal.

Las primeras obras del Canal de Isabel II se iniciaron en el año 1851 y fueron habilitadas al servicio público cinco años más tarde. Es digno de destacarse que en una época en que la mayoría de los técnicos sanitarios de los países europeos se resistía a aceptar los cursos de agua para el abastecimiento de poblaciones, los Ingenieros españoles Rafo y Rivera aconsejaron para abastecer a Madrid la utilización del río Lozoya, que nace al Norte de Madrid en la Sierra de Guadarrama, solución que la práctica ha demostrado ser insuperable. La Fig. 39 da una idea de la disposición general de las obras realizadas hasta la fecha, incluyendo el trayecto que recorrerá el nuevo canal de aducción, cuya construcción ya se ha iniciado.

Las primeras obras fundamentales del Canal de Isabel II consistieron en la presa del Pontón de la Oliva en el río Lozoya y el canal de aducción conocido hoy por el nombre de "canal primitivo".

Los técnicos del Canal habían proyectado construír la primera presa algunos kilómetros aguas arriba de la confluencia de los ríos Lozoya y Jarama, pero más tarde resolvieron construírla cerca de esa desembocadura, en el paraje conocido por Pontón de la Oliva, para evitar la construcción de 6.5 Km. de túnel en roca. Confiaban embalsar 3 000 000 m.[3] de agua con la mencionada presa-vertedero, que tiene 72.40 m. de longitud y una altura de 31.30 m. sobre el plano de fundación, y poder abastecer a Madrid durante las épocas de estiaje del río, pero resultó que la roca que forma el vaso de dicho embalse, calcáreo cavernoso, dejaba escapar el agua, lo que obligó a construír posteriormente a 8 Km. aguas arriba la presa de Navalejos, después de gastarse infructuosamente enormes sumas de dinero en trabajos de impermeabilización del vaso del Pontón de la Oliva y en la reducción de las filtraciones del subsuelo. Es indudable que las imprevisiones de la técnica en la época en que se estableció este primer embalse impidieron el aprovechamiento de una obra tan hermosa cómo es la presa del Pontón de la Oliva.

Dicho embalse se conserva con sus obras accesorias, como un recurso auxiliar.


CIUDAD DE MADRID
Plano general de los embalses y canales de aducción del Canal Isabel II.
Fig. 39
400 Km²
380 Km²
890 Km²
SIERRA DE GUADARRAMA
PUENTES-VIEJAS
EL TENEBROSO
EL VILLAR
POZO DE LOS RAMOS
EL VADO
R. SORBE
JARAMA
LA PARRA
PONTON DE LA OLIVA
CANAL TRANSVERSAL
24 Kms
8m³x1"
PEÑALARA (2408)
Torrelaguna
6000 CV.
45000 VOL.
240 Km²
RIO GUADALIX
Aldehuela
RIO MANZANARES
GUADALIX
CANAL ALTO O NUEVO
55 Kms
6m³x1"
RIO GUADALIX
CANAL PRIMITIVO
77 Kms
2,7m³x1"
LINEA ELECTRICA
RIO JARAMA
MADRID
783.000 Habitantes
RIO MANZANARES
PERFILES DE LOS CANALES
CANAL PRIMITIVO
Pendiente 0,0002
Sección 5.64m²
Idem. del agua 4.81m²
Velocidad 0.84m x 1"
Caudal 4.04m³x1"
CANAL TRANSVERSAL
Pendiente 0.0005
Sección 8.12m²
Id. del agua 6.05m²
Velocidad 1.32m x 1"
Caudal 8.00m³x1"
CANAL ALTO O NUEVO
Pendiente 0.003
Sección 2.52m²
Id. del agua 2.24m²
Velocidad. 3.00m x 1"
Caudal 6.72m³x1"
PERFILES DE LAS PRESAS DE EMBALSE
PONTON DE LA OLIVA
3 millones de m³ de agua
MAMPOSTERIA
EL VILLAR
21 millones de m³ de agua
MAMPOSTERIA
PUENTES-VIEJAS
22 millones de m³ de agua
52 millones en total
HORMIGON

El canal primitivo pasa por la confluencia de los ríos Lozoya y Jarama y llega a Madrid después de atravesar por medio de túneles, sifones y puentes la distancia que media entre la toma en el río y el llamado "Partidor de aguas" de la ciudad. Dicho canal es cubierto y tiene una capacidad de 2.7 m.^{3} por segundo, o sea 233 280 m.^{3} por día. Actualmente arranca de la toma llamada de "La Parra", siendo su longitud hasta el mencionado partidor de aguas de 77100 m.; de los cuales 11749 son en túnel, 4355 en puentes y 4162 en sifones. Hay 38 túneles, siendo la longitud del más largo de 1492 m.; 52 puentes y 4 sifones, siendo la longitud del más largo de 1410 m. Las obras de arte del canal primitivo son de gran importancia.

Para satisfacer las exigencias de los consumos que en estos últimos años obligaron a enviar a Madrid caudales medios de 3.29 m.^{3} por segundo, se tuvieron que mejorar, reforzar y hasta reconstruir algunos trozos en túnel del canal y algunos puentes que constituían verdaderas extrangulaciones de la vena líquida y un peligro de interrupción del servicio, por trabajar como tuberías en carga que ofrecían riesgo inminente de roturas. En grandes trechos se aumentó la capacidad de las secciones, revocando simplemente las paredes donde no existía revoque o mejorando los enlucidos existentes.

El canal tiene afectado a la conservación y mantenimiento del acueducto primitivo un personal numeroso de modo que los períodos de interrupción del servicio o "cortas anuales" son poco frecuentes y de breve duración, a pesar de las condiciones rigurosas en que trabajan las estructuras. En los últimos años las cortas no han llegado a interrumpir el servicio de distribución de la ciudad, habiendo sido suficientes para asegurarlo los depósitos de cabecera de la red de distribución.

La presa de La Parra se construyó en 1903, a un kilómetro aguas arriba de la presa de Navalejos para evitar los efectos de los aterramientos producidos en sus proximidades. Hasta 1911, en que comenzó a utilizarse el embalse de la presa de El Villar, la ciudad se abasteció con el agua derivada de la toma de La Parra, obra que se conserva y se utiliza para abastecer a Madrid en épocas propicias que se aprovechan para dejar en seco el llamado "canal transversal" y poder realizar en él las reparaciones necesarias.

En el llamado partidor de aguas o local de compuertas de la ciudad, se distribuía antes el líquido entre los depósitos de distribución y tres acequias que permitían utilizar en riegos las cantidades no consumidas por la población. Actualmente se hace lo mismo, pero las acequias se utilizan además para distribuir unos 6000 m.^{3} de agua por día para usos domésticos, excepto la bebida Las acequias, llamadas del norte, del sur y del este, tienen respectivamente 6.5, 1.7 y 9.4 Km. de longitud y una capacidad de un metro cúbico por segundo cada una. El partidor está unido a los depósitos de distribución por el llamado "acueducto de Villa", de 665 m. de longitud.

Entre los años 1869 a 1882 se construyó la presa de "El Villar" para almacenar las aguas de los deshielos de primavera y poder utilizarlas en verano. Está situada a unos 22 Km. aguas arriba de la presa de Navalejos, en un estrechamiento rocoso del valle. Tiene 102 m. de longitud y 55.55 m. de altura sobre el plano de fundación. El aliviadero tiene una longitud de 56 m. y una

altura de 3.10 m. Ocho arcos escarzanos de 6.20 m. de luz, sirven de apoyo a la calzada que pasa por encima de él. El embalse formado por la presa de El Villar tiene una capacidad de 22 000 000 de $m.^3$ hasta el umbral del aliviadero; con alza en el aliviadero la capacidad es de 24 000 000 de m^3 y la longitud del embalse unos 10 kilómetros. Por debajo de la toma del canal transversal ya mencionado la capacidad es sólo de 1 300 000 $m.^3$.

Desde el año 1911, en que se habilitó el canal transversal, las aguas del embalse de El Villar llegan a Madrid por intermedio de ese canal hasta su confluencia con el canal primitivo, en los alrededores de Aldehuela, y desde este punto por el canal primitivo. El canal transversal tiene 24 kilómetros de longitud y el trozo utilizado del canal primitivo 67 kilómetros, siendo de 91 kilómetros la distancia total de la línea de aducción desde El Villar a los depósitos de la ciudad. En el trayecto del canal transversal se encuentra la central hidro-eléctrica de 9.000 C. V. construída en las cercanías de Torrelaguna, para aprovechar un salto de 150 m. en 1500 m. de longitud. El canal tranversal tiene una capacidad de 8 $m.^3$ por segundo; es cubierto en toda su extensión.

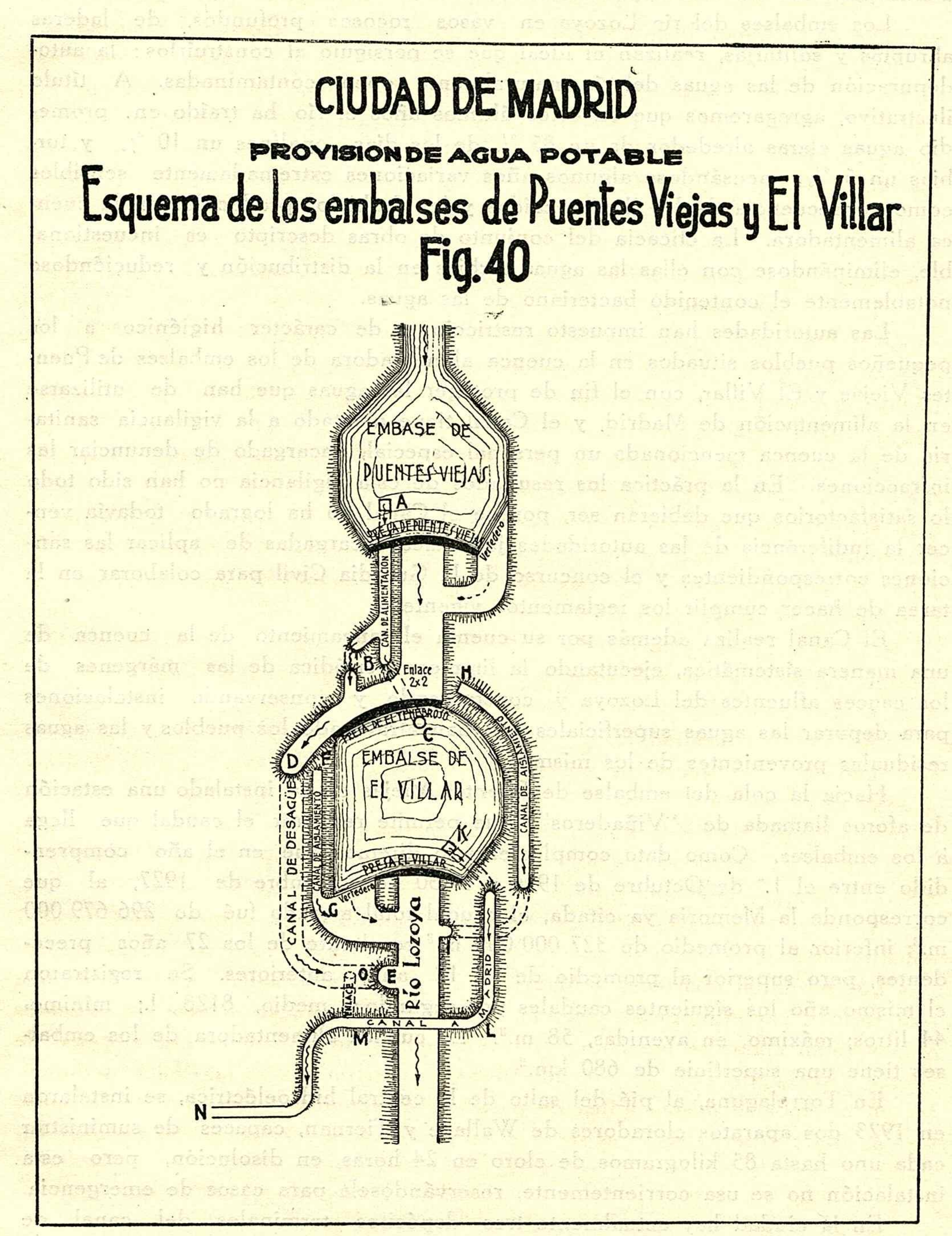
La energía eléctrica de la central de Torrelaguna se conduce a Madrid a 45000 voltios, por una línea de 50 kilómetros, propiedad del Canal. Parte de esta energía se emplea en la estación de bombeo situada junto al segundo depósito de distribución, para elevar el agua desde el depósito bajo al elevado construído al lado, vendiéndose la energía sobrante a las Compañías de electricidad de Madrid. Durante el año 1927 (1) la producción total de energía medida en los terminales de los alrededores fué de 20 719 300 kWh., que es algo superior al promedio de los 7 años anteriores. El factor de carga fué de 0.93 referido al tiempo que estuvieron los grupos en servicio, admitiendo ocho horas de acoplamiento y de 0.85 referido al funcionamiento no interrumpido, a razón de 24 horas diarias para un grupo y 8 para el otro. Las pérdidas de la línea y por transformación ascendieron a un 11.6 °/₀. Un 15.4 °/₀ de la energía recibida en la Sub-estación de Madrid fué utilizado y el resto fué vendido a las Compañías de electricidad.

En 1925 se terminó la primera parte de la presa de "Puentes Viejas", o sea hasta la altura actual de 44 m. La longitud de esta presa en el coronamiento actual es de 173 m. y el embalse formado tiene una capacidad de 23 000 000 $m.^3$. Ha sido construída con espesor suficiente para poder elevarla hasta 63.50 m., de modo que el volúmen de agua embalsado llegue a 52 000 000 $m.^3$. La longitud del embalse es de unos ocho kilómetros

La Fig. 40 permite apreciar las características del aparato auto-depurador constituído por los embalses de El Villar y Puentes Viejas y las obras accesorias que permiten abastecer a Madrid todo el año con aguas claras de una alta calidad bacteriológica. Cuando las aguas del embalse o lago de Puentes Viejas están claras se emplean para alimentar al de El Villar por el canal de enlace ABC, de 2.00 $\times$ 2.00 m., pero si están turbias se las hace sedimentar en el embalse mismo antes de pasarlas al segundo. Si el período de aguas turbias del río persiste, antes de que se produzca el rebalse de las aguas so-

(1) Memoria del Canal de Isabel II, del año 1928, última publicada hasta Mayo de 1930, época en que se realizó la visita del informante.

bre la presa de Puentes Viejas, se las evacúa al cauce del río en el trozo comprendido entre los dos lagos y de allí se las deriva por medio de la presa auxiliar de "El Tenebroso" al canal DE, que desagua aguas abajo de la presa de El Villar. Las avenidas directas de las vertientes tampoco llegan a mezclarse con las aguas del lago de El Villar, pues son recogidas por los canales colectores FG-HI, que desaguan también aguas abajo de la presa.



El origen del canal por el que llegan las aguas a la ciudad, se ha indicado en el esquema con las letras K L M N.

En el año 1929 se vació el embalse de El Villar para lo cual se tabicó la boca de descarga E del canal de desagüe DE y se utilizó ese canal para comunicar el embalse de Puentes Viejas con la ciudad, habiéndose construído para eso un enlace provisorio O M.

Los embalses del río Lozoya en vasos rocosos profundos, de laderas abruptas y solitarias, realizan el ideal que se persiguió al construírlos: la autodepuración de las aguas del río, naturalmente poco contaminadas. A título ilustrativo, agregaremos que en estos últimos años el río ha traído en promedio aguas claras alrededor de un 85 °/₀ de los días, opalinas un 10 °/₀ y turbias un 5 °/₀; acusándose algunos años variaciones extremadamente sensibles como consecuencia de las lluvias caídas y los deshielos producidos en la cuenca alimentadora. La eficacia del conjunto de obras descripto es incuestionable, eliminándose con ellas las aguas turbias en la distribución y reduciéndose notablemente el contenido bacteriano de las aguas.

Las autoridades han impuesto restricciones de carácter higiénico a los pequeños pueblos situados en la cuenca alimentadora de los embalses de Puentes Viejas y El Villar, con el fin de proteger las aguas que han de utilizarse en la alimentación de Madrid, y el Canal tiene afectado a la vigilancia sanitaria de la cuenca mencionada un personal especial, encargado de denunciar las infracciones. En la práctica los resultados de esta vigilancia no han sido todo lo satisfactorios que debieran ser, porque el Canal no ha logrado todavía vencer la indiferencia de las autoridades judiciales encargadas de aplicar las sanciones correspondientes y el concurso de la Guardia Civil para colaborar en la tarea de hacer cumplir los reglamentos vigentes

El Canal realiza además por su cuenta el saneamiento de la cuenca de una manera sistemática, ejecutando la limpieza periódica de las márgenes de los cauces afluentes del Lozoya y construyendo y conservando instalaciones para depurar las aguas superficiales que han atravesado los pueblos y las aguas residuales provenientes de los mismos.

Hacia la cola del embalse de Puentes Viejas se ha instalado una estación de aforos llamada de "Viñaderos" que permite registrar el caudal que llega a los embalses. Como dato complementario diremos que en el año comprendido entre el 1.° de Octubre de 1926 y el 30 de Setiembre de 1927, al que corresponde la Memoria ya citada, el caudal total aforado fué de 296 679 000 m.^{3}; inferior al promedio de 327 000 000 m.^{3} resultante de los 27 años precedentes, pero superior al promedio de los 12 años anteriores. Se registraron el mismo año los siguientes caudales por segundo: medio, 8128 l.; mínimo, 44 litros; máximo, en avenidas, 58 m.^{3}. La cuenca alimentadora de los embalses tiene una superficie de 680 km.^{2}.

En Torrelaguna, al pié del salto de la central hidroeléctrica, se instalaron en 1923 dos aparatos cloradores de Wallace y Tiernan, capaces de suministrar cada uno hasta 85 kilogramos de cloro en 24 horas, en disolución, pero esta instalación no se usa corrientemente, reservándosela para casos de emergencia.

En la ciudad hay actualmente tres depósitos terminales del canal de

aducción, que sirven de cabecera de la red de distribución. El más antiguo, de 58000 m.^{3} de capacidad, está fuera de uso; los dos más modernos tienen respectivamente 181 925 y 447 622 m.^{3} de capacidad, con alturas de agua de 6,60 m. En las proximidades de estos depósitos está instalada una casa de bombas destinadas a elevar el agua a un depósito elevado de 1500 m.^{3} de capacidad, que se utiliza como regulador de presión. La elevación se hace con electro-bombas capaces de elevar 1400 l. por seg. a 35 m y 500 l. por seg. a 70 m. La energía eléctrica es la proveniente de la central hidro-eléctrica, como ya se dijo, pero existe una instalación térmica de reserva, de 1000 C. V.

La red de distribución de Madrid se extiende por toda la población y tiene unos 500 km de desarrollo. Dentro de un plan de obras aprobado por el Gobierno español, que se proyecta ejecutar en un plazo de cinco años, están comprendidas importantes ampliaciones de la red de distribución, para llegar a los términos municipales de la periferia de la ciudad. Dicho plan comprende la construcción del llamado "canal nuevo" o "canal alto" y el "canal del Este". El primero será una prolongación de 55 km. del canal transversal, desde el Salto de Torrelaguna hasta la ciudad, capaz de conducir 6 m.^{3} por segundo y que llegará a Madrid con una cota suficiente para abastecer los barrios más altos (1). El llamado canal del Este, tendrá unos 20 km. de longitud y arrancará del canal nuevo para extenderse al Este de la ciudad sobre la divisoria de aguas del Jarama y Manzanares. El canal nuevo será completamente enterrado en casi todo su recorrido, para facilitar su conservación. Cruzará los valles enterrado en zanjas profundas o por medio de sifones tipo Çatskill (2), excepto el llamado sifón de San Vicente, que por la carga excesiva que deberá resistir se proyectó de doble tubería de acero laminado. Este sifón estará constituído por dos tuberías gemelas de 1,40 m. de diámetro interior y 1296,70 m. de longitud. La carga máxima que deberán resistir esas tuberías será de 120,18 m. Actualmente hay terminada una de las tuberías. Los tubos van sostenidos en apoyos de hormigón simple, anclados en macizos de hormigón armado; habiéndose previsto las juntas de dilatación necesarias y las compuertas, descargas y obras accesorias de uso corriente en obras de esa naturaleza.

El canal nuevo terminará en un cuarto depósito que estará al mismo nivel que el depósito elevado actual, con el que se comunicará. Próximo al depósito cuarto se construirá una central de bombeo para elevar el agua a un depósito elevado inmediato, para abastecer la zona circundante. El canal del Este alimentará un quinto depósito y terminará en un sexto depósito. Con la construcción de estos canales y las tuberías de enlace, la red de distribución

---

(1) En Enero de 1926 se licitó la construcción de los primeros 11500 m. de este canal y en Marzo del mismo año se iniciaron los trabajos, pero en el segundo semestre del año siguiente se tuvo que rescindir el contrato por incumplimiento por parte del Contratista, estando ejecutados solamente algunos centenares de metros de la canalización y algunas excavaciones.

(2) Formados por tubos de palastro relativamente de gran espesor, para que sean indeformables, revestidos exteriormente de hormigón y revocados interiormente con mortero de cemento portland

del Nordeste y Sudeste de Madrid, podrán alimentarse por dos lados, mejorándose notablemente el servicio de distribución de esas importantes zonas.

Para que se tenga una idea de los recursos hidráulicos del Canal, consignaremos que en el año 1927 (1), el consumo total de agua registrado por el Canal fué de 72 650 000 m.^{3}. El consumo medio diario fué de 199 041 m.^{3}; el máximo de 233 000 m.^{3} y el mínimo de 163 000 m.^{3}. Como se deduce de las cifras consignadas, el consumo medio por habitante y día fué de unos 248 litros, aproximadamente, y el máximo de 291 litros.

El Canal construye todas las conexiones o tomas en la red de distribución, debiendo pagar los abonados o suscriptores por cada una de ellas una cuota anual, "canon de acometida", por concepto de amortización y pago de los gastos de ejecución, conservación y reparación. Dichos gastos son, desde luego, de cuenta de la Dirección del Canal, el que se reserva la propiedad de los materiales. Las tomas en las acequias son hechas por los concesionarios, el Canal se limita a indicar el sitio de toma y a vigilar la ejecución de los trabajos. En estos casos, la conservación está a cargo de los concesionarios.

El sistema de venta adoptado por el Canal de Isabel II para el agua de los depósitos de distribución, es el de caño libre con contador. En casos justificados, a juicio y por conveniencia del Canal, se otorgan concesiones por el sistema de llave aforada. Las concesiones de agua procedente de las acequias se hacen por aforo o contador, a elección de los interesados.

El canal suministra los contadores y se encarga de su colocación, conservación, reparación o reposición, mediante el pago de una cuota fija. El abonado puede adquirir, si lo desea, el contador, siempre que sea de modelo aprobado por la Dirección del Canal y satisfaga las condiciones técnicas previstas en el Reglamento respectivo. El Canal se encarga de la conservación y reparación de los aparatos de propiedad privada mediante el pago de una cuota anual, pero deja a los propietarios el derecho de hacerlo por su cuenta.

El Canal suministra las llaves de aforo, debiendo pagar los concesionarios una cuota anual por concepto de alquiler y gastos de reparación. Si lo desean, los concesionarios pueden adquirir la llave en el Canal, tomando a su cargo la conservación.

Las tomas de consumo se hacen una vez por mes, pero el importe de los consumos se satisface por liquidaciones trimestrales, teniendo cada concesionario en depósito, a disposición del Canal, una cantidad que cubre el importe de una liquidación trimestral. Al satisfacer el importe de consumo cada concesionario abona la parte proporcional de las cuotas o cánones de acometida, contador o aforo correspondiente.

Los establecimientos del Estado pagan el 20 °/o de la tarifa vigente, lo mismo que el Ayuntamiento, para todos aquellos servicios no comprendidos en las disposiciones relativas a suministro gratuito. Los establecimientos de beneficiencia pagan el 40 °/o de la tarifa.

El agua de las acequias vale el 70 °/o del agua de la red de distribución.

No se otorgan concesiones gratuitas.

(1) Según Memoria citada.

En promedio, el 55.7 °/₀ del agua consumida corresponde a los servicios domésticos o de beneficiencia, el 9,5 °/₀ a los riegos agrícolas, el 3,6 °/₀ a los establecimientos del Estado y el 31,2 °/₀ a los servicios públicos del Ayuntamiento y a gastos de agua para la conservación de la red de distribución.

El Canal de Isabel II posee laboratorios propios para el control de la calidad química y bacteriológica del agua, muy bien organizados y a cargo de técnicos de gran competencia.

El conjunto de las instalaciones del Canal de Isabel II es admirable por muy diversos conceptos, contando con obras de gran mérito como la presa de El Villar, considerada como un modelo en su género por muchos autores y que al decir del Director del Canal, Ingeniero Bello y Poëyusan, "se adelantó « treinta años a los tipos preconizados luego en el resto de Europa y en los « Estados Unidos de Norte América."

Desde 1907 el Canal de Isabel II es un ente autónomo dirigido por un Consejo de Administración y una Dirección técnica, organización que ha permitido hacer progresar las instalaciones y la marcha general de la Corporación, que en los 40 años anteriores, cuando era una dependencia del Ministerio de Fomento, se había casi estancado.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Sevilla

La ciudad de Sevilla tiene una población de unos 227 000 habitantes. Está abastecida con las aguas provenientes del Manantial de Santa Lucía, los manantiales de la Compañía "The Seville Water Works" y las aguas filtradas del río Guadalquivir.

El Manantial de Santa Lucía suministra 7500 m.^{3} por día y los de la Compañía mencionada 16 000 m.^{3}. La usina de filtración tiene una capacidad de 24 000 m.^{3} diarios. Resulta pues, que la dotación por habitante y día es aproximadamente de unos 210 lts.

Los manantiales de Santa Lucía y de la Compañía "The Seville Water Works", se encuentran en los pueblos de Alcalá de Guadaira y Mairena, a unos 16 km. de la ciudad. Las aguas de los manantiales son distribuídas a la población sin sufrir tratamiento alguno.

El manantial de Santa Lucía, las instalaciones de purificación de las aguas del Guadalquivir y las instalaciones de distribución de las aguas provenientes de esos dos orígenes, son propiedad del Municipio de Sevilla.

El informante no tuvo ocasión de visitar las obras de captación y aducción de las aguas de los manantiales, habiendo visitado en cambio las instalaciones de la usina de bombeo y purificación de las aguas del Guadalquivir, de las que hará a continuación una ligera descripción.

La usina de filtración y bombeo de las aguas del Guadalquivir, se encuentra emplazada sobre la margen izquierda del río, a unos 9 km. de la ciudad, aguas arriba según el curso del río. Sus instalaciones ocupan una superficie de terreno de 5 hectáreas.

Toda la usina está rodeada de un muro de hormigón armado para defenderla de las crecientes del Guadalquivir, que han llegado a alcanzar una altura

CUADRO N.° 4

Características de las electro-bombas de la usina de la ciudad de Sevilla

	Número de unidades	Caudal que elevan por segundo lts.	Velocidad a plena carga R. P. M.	Altura manométrica de elevación m.	Diámetro de los orificios de entrada m. m.	Diámetro del orificio de salida m. m.	Tipo de motores	Potencia de los motores H. P.	Rendimiento del grupo %
Bombas que elevan agua bruta	2	300	960	10.50	450	400	Motores asincrónicos con rotores con bobinados en anillo y dispositivo para levantar las escobillas	65	63
Bombas que elevan agua decantada	2	300	960	6.50	450	450		40	65
Bombas que elevan agua filtrada a la ciudad. Tipo A	3	260	1450	59.00	350	300		320	69
Tipo B	1	220	1450	44.00	350	300		190	68
Tipo C	1	80	1450	40.00	225	200		65	64

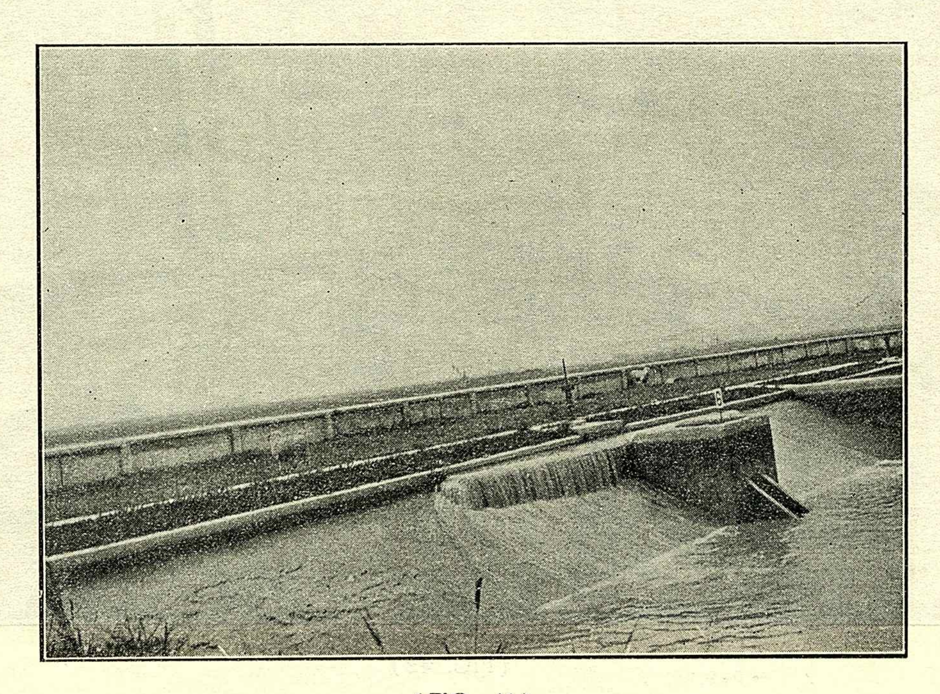
Las bombas tienen dos entradas simétricas del diámetro indicado.

La corriente utilizada es trifásica de 50 períodos y 500 voltios.

máxima de 2,00 m. sobre el terreno natural al pié del muro, en la parte más próxima al río. La toma de agua está emplazada fuera del recinto defendido por el muro, pero es una construcción cerrada y por lo tanto, defendida por sí misma. La toma está unida por una pasarela de hormigón armado al recinto defendido.

La toma de agua se hace por medio de una galería de 2,50 m de altura y 2,00 m. de ancho. En la boca de entrada hay una reja, habiéndose previsto inmediatas a ella en los muros de la galería, unas ranuras para la colocación de compuertas de madera para poder hacer inspecciones y reparaciones en la galería. Esta galería desemboca en un pozo de toma de planta elíptica, cuyos ejes tienen 5,50 y 3,60 m. de longitud, dividido en dos compartimentos por un tabique, según el eje menor de la elipse. En la unión de la galería con cada uno de esos compartimentos existen unas válvulas de compuerta que permiten aislarlos del río.

Sobre el pozo de toma se ha edificado una casa de bombas de planta

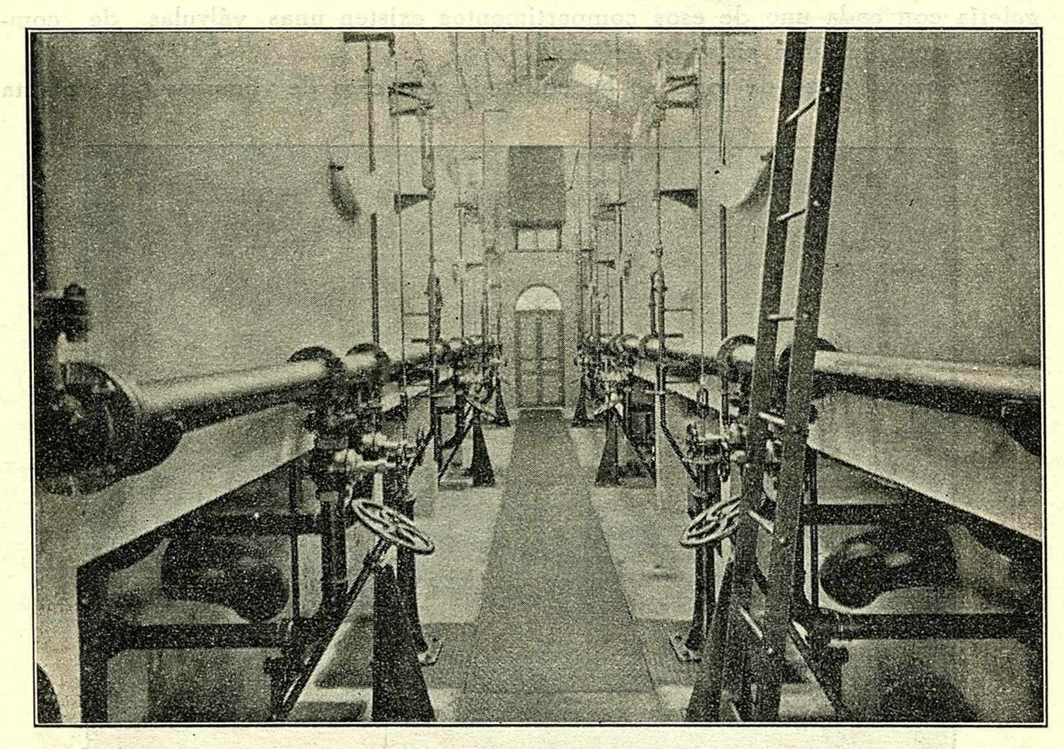


(FIG. 41)

Ciudad de Sevilla. — Entrada del agua a los tanques de decantación simple de la usina de purificación de agua

circular, donde están instalados los grupos elevadores del agua bruta a los tanques de decantación. La construcción es de hormigón. Hay dos grupos elevadores capaces de elevar cada uno el agua que diariamente necesita la ciudad, de modo que uno trabaja y el otro se mantiene como reserva. Las características principales de esos grupos elevadores están indicados en el cuadro N.° 4.

El agua bruta es elevada a los tanques de decantación simple. Hay seis tanques de decantación de planta rectangular, de 71,50 por 23,50 m, y sección trapezoidal. La capacidad de cada tanque es de 3300 m.^{3} con una altura máxima de agua de 3,00 m. El agua entra a través de unos vertederos, Fig. 41, con el fin de no producir movimientos en el agua almacenada y no alterar la decantación. La salida se efectúa por el lado opuesto a las entradas, por medio de tubos sostenidos por flotadores, de modo que pasa a los prefiltros el agua mejor decantada de las capas superiores. Cuando se limpia un tanque se toma el agua hasta una altura de 1,00 m sobre el fondo, descargándose el resto al desagüe. El agua permanece en los tanques 16 horas, término medio. Los tanques de decantación están emplazados por parejas y entre cada dos unidades existe una galería dentro de la que están alojadas las tuberías de re-



(FIG. 42)

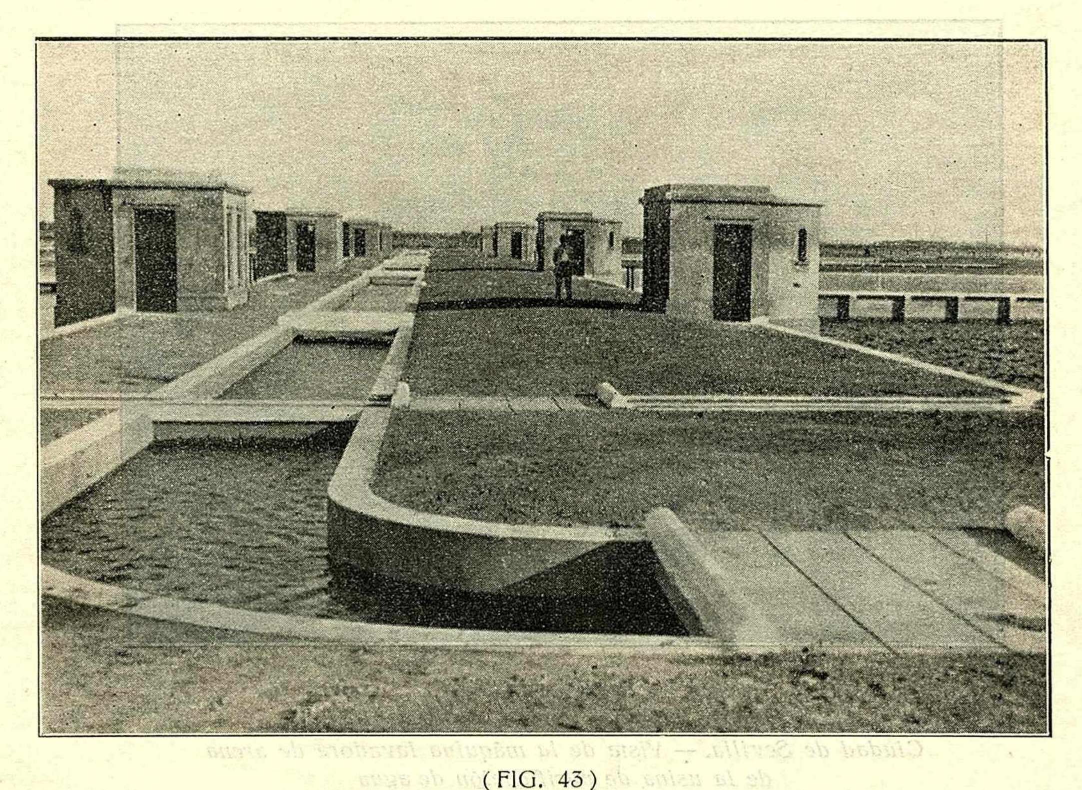
Ciudad de Sevilla. — Vista de la galería de tubos de los prefiltros de la usina de purificación de agua

colección del agua decantada y los canales de desagüe, en los que descargan los canales colectores del fondo de los tanques.

Por carecerse de los desniveles necesarios, el agua decantada tiene que ser elevada mecánicamente sobre los prefiltros, pasando luego de estos a los filtros por gravitación. El agua decantada es recogida en un pozo de succión de las bombas que la elevan a los lechos filtrantes. Dichas bombas están situadas en un local de planta rectangular de 14.00 m. por 8,00 m. Hay dos gru-

pos elevadores cuyas principales características se indican en el Cuadro N.° 4. El local está previsto para poder contener un número mayor de unidades de bombeo.

Hay seis prefiltros con 40 m.^{2} de superficie filtrante cada uno. Están constituídos por una capa de gravilla de 25 cm. de espesor, sobre la que se apoya una capa de arena de 75 cm. de espesor. La velocidad de filtración es de 4,20 m. por hora, de donde se deduce que las seis unidades son capaces de producir diariamente los 24000 m^3 necesarios. La red de drenaje de los prefiltros está compuesta por tubos de grés que descargan a través de válvulas de compuerta, en una tubería principal que desagua en un canal colector, encargado de distribuír el agua sobre los filtros. La Fig. 42, da una idea de la galería de tubos de los prefiltros En la figura se pueden ver los disposi-



(FIG. 43)

Ciudad de Sevilla. — Vista de los filtros y del canal a cielo abierto que conduce las aguas prefiltradas en la usina de purificación de agua

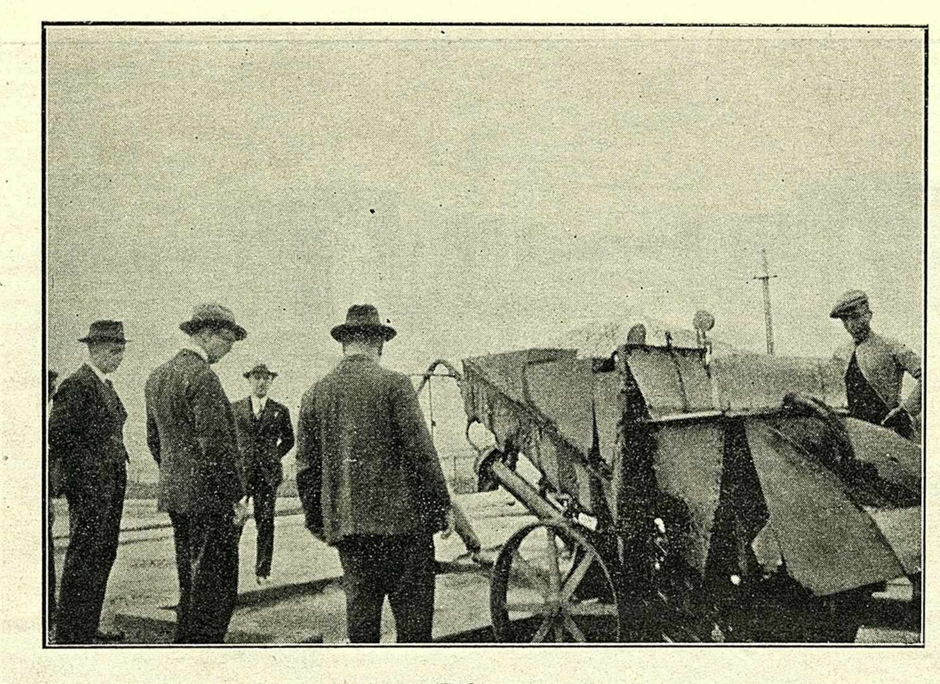
tivos indicadores de las pérdidas de carga, constituídos por unos sectores graduados y unas agujas de gran tamaño.

Los prefiltros de la usina de Sevilla, que no son otra cosa que filtros rápidos, se limpian por medio de aire a presión y agua Según el Ingeniero Jefe de la usina, la duración de un lavado es, término medio, de 15 minutos y

se gastan 135 m.^{3} de agua para limpiar un lecho. La presión del aire sería de 2 atmósferas.

En la Fig. 43, puede verse el canal a cielo abierto encargado de conducir sobre los filtros, por gravedad, el agua que ha atravesado los prefiltros, parte de los filtros y las casetas en que están montadas las válvulas y los reguladores de la salida del agua filtrada.

Hay ocho filtros, cada uno con un área de 1500 m.^{2}. Los muros y el fondo de cada lecho son de hormigón armado. El material filtrante está constituído por una capa de gravilla de 20 cm. de espesor y una capa de arena de 60 cm., que se apoya sobre unas lozetas o ladrillos de hormigón, que cubren los canales colectores practicados en la losa que constituye el fondo. Estos canales son paralelos a los lados mayores de los lechos y descargan en un canal transversal principal que conduce el agua hasta la salida de los lechos.



(FIG. 44)

Ciudad de Sevilla. — Vista de la máquina lavadora de arena de la usina de purificación de agua

La alimentación de los filtros se efectúa por medio de dos canales derivados del principal de distribución, que desembocan en los extremos de cada lecho. Adosadas a los paramentos de cada uno de estos, están las compuertas que regulan la entrada del agua a las canaletas que los alimentan por rebalse.

Los dispositivos de regulación de la salida del agua en cada filtro, están emplazados en un recinto de planta semi-circular en donde descarga el colec-

tor principal de drenaje del filtro. En el centro del recinto hay un tubo telescópico vertical, de 30 cm. de diámetro, terminado en un abocinamiento móvil, a fin de mantener su borde en posición tal que la velocidad de filtración sea uniforme. Los movimientos del abocinamiento están regulados por flotadores.

La arena de los filtros se lava fuera de los lechos con una pequeña máquina móvil construída por la casa Glenfield & Kennedy. (Fig. 44).

Hay cuatro depósitos de agua filtrada, situados debajo de los filtros: cada depósito ocupa el área de dos filtros. La capacidad de cada depósito es de 5400 m.^{3}, pudiéndose almacenar en total 21600 m.^{3}. La estructura de los depósitos es de hormigón armado.

De estos depósitos pasa el agua purificada, por medio de tubería de fundición de 60 cm. de diámetro, a la galería de toma de las bombas que la envían a la ciudad. Dichas bombas están emplazadas en un local de tres plantas. En la inferior está la galería de toma de las bombas y la de conducción de los cables eléctricos, en la intermedia está la sala de máquinas (bombas, motores, transformadores, etc.) y en la superior está el despacho del Jefe, el almacén y el taller de reparaciones. Esta planta está a nivel del terreno circundante

La sala de máquinas tiene 8,00 por 17,00 m. y en ella hay instalados cinco grupos electro-centrífugos de las características que se indican en el Cuadro N.° 4. La diversidad de las bombas elevadoras permite hacer bombeos de acuerdo con los consumos de la ciudad. En la hora de máximo consumo trabajan dos grupos del tipo A, con los que se envían alrededor de 2000 m.^{3} por hora, que es el máximo consumo horario calculado. En las horas de consumos más reducidos trabajan un grupo del tipo A o el de tipo B y durante las altas horas de la noche, el grupo tipo C solamente.

La tubería de impulsión es de hormigón armado, tipo Bonna, de 80 cm. de diámetro interior.

A la salida de la casa de bombas principal hay instalado en dicha tubería un tubo Venturi, dotado de dispositivos indicadores, registradores y totalizadores.

Las aguas filtradas son esterilizadas a su entrada a las bombas que la elevan a la ciudad, por medio de hipoclorito de sodio aplicado en dosis reducidas, por medio de los dispositivos ideados por el Ing. Bunau-Varilla. En la usina de Sevilla el método de esterilización preconizado por dicho técnico, ha dado resultados satisfactorios. El Dr. Adolfo Caro Villegas, a cuyo cargo está el control químico-bacteriológico de las aguas del establecimiento, se nos mostró un entusiasta propagandista del sistema de cloración mencionado.

En un pabellón aislado de las instalaciones descriptas está el laboratorio, en el que se realizan diariamente los análisis químicos y bacteriológicos del agua antes y después de decantada, después de su pasaje por los prefiltros y los filtros, después de clorada, en su recorrido por la línea de aducción a la ciudad y en la red de distribución.

Según el Ingeniero Jefe, se ha comprobado que la decantación reduce

91 °/₀ el número de B. coli que tiene el agua del río, los prefiltros aumentan esa reducción a un 96 °/₀ y los filtros lentos la completan hasta un 99 °/₀.

Las instalaciones de la usina de purificación de las aguas del Guadalquivir son modernas y están muy bien conservadas, siendo comparables a las mejores que hemos visto en el continente europeo.

Usinas de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Londres

De 1 180 000 metros cúbicos de agua potable que en término medio consumen los 7 millones de habitantes de Londres diariamente, 700 000 $m.^3$ (aproximadamente un 58 °/₀) provienen del río Támesis y son purificados en las usinas de Hampton, Walton y Kempton Park y su anexo, la usina de Hanworth Road, Figs. 45 y 46. El resto proviene de los ríos Lee y New River (25 °/₀ del total) y de pozos profundos (17 °/₀ del total).

a) Usina de Hampton

El informante visitó los tres establecimientos citados en primer término.

Aunque parte de sus instalaciones: tomas y canales de toma, depósitos de almacenamiento y sedimentación, filtros, máquinas, etc., pertenecieron a las ocho Compañías privadas que hasta el año 1904 tuvieron a su cargo el abastecimiento de la ciudad, la "Junta Metropolitana de aguas" ha realizado en ellas en los últimos años muy importantes e interesantes trabajos. (1)

La Usina de Hampton está situada sobre la margen izquierda del Támesis y ocupa una superficie de 93.5 hectáreas. Como en gran parte sus instalaciones actuales fueron construídas por tres de las ocho Compañías de que hablamos anteriormente, el conjunto acusa algunas deficiencias, sobre todo desde el punto de vista de una explotación económica. Sin embargo, por tratarse de la planta de mayor capacidad de la "Junta Metropolitana de aguas" y aún de Inglaterra, las describiremos ligeramente.

La usina de Hampton puede suministrar unos 390 000 $m.^3$ de agua por día, o sea un 33 °/₀ del volumen medio diario distribuído por la Junta mencionada. Algo más de la mitad de ese caudal se filtra en Hampton y el resto es bombado a las instalaciones de Kew Bridge y Barnes para su almacenamiento y filtración.

Una pequeña cantidad del agua que suministra la usina de Hampton pro-

(1) La "Junta Metropolitana de aguas" tiene a su cargo desde 1904 el abastecimiento de Londres, habiendo adquirido por Ley las instalaciones de las ocho Compañías privadas que hacían ese servicio.

CIUDAD DE LONDRES

Plano de ubicación de las usinas de bombeo y purificación de agua de HAMPTON, WALTON y KEMPTON PARK

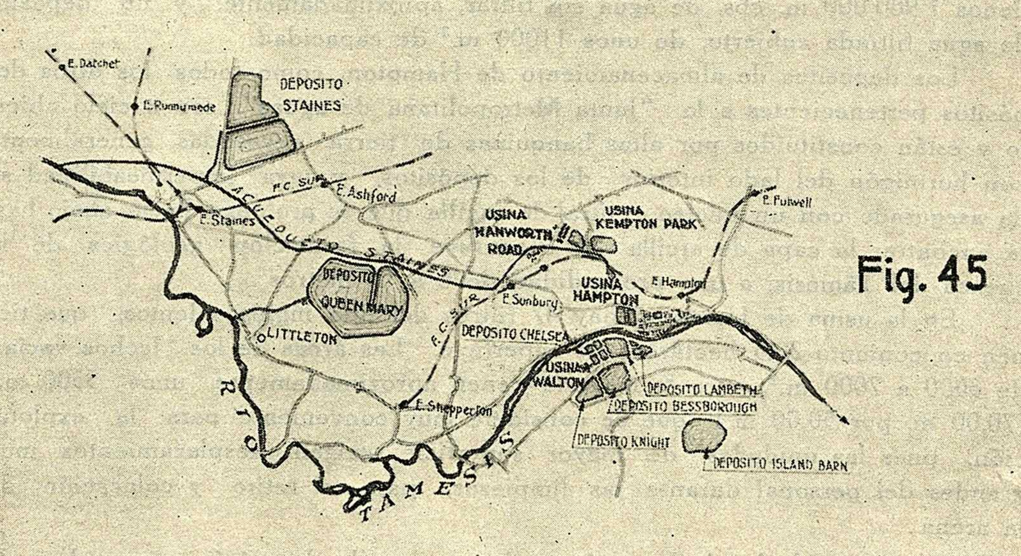


Fig. 45

ESQUEMA DEMOSTRATIVO DE LAS TOMAS EN EL RIO TAMESIS Y DE LAS LINEAS DE BOMBEO DE LAS USINAS DE HAMPTON, WALTON Y KEMPTON PARK

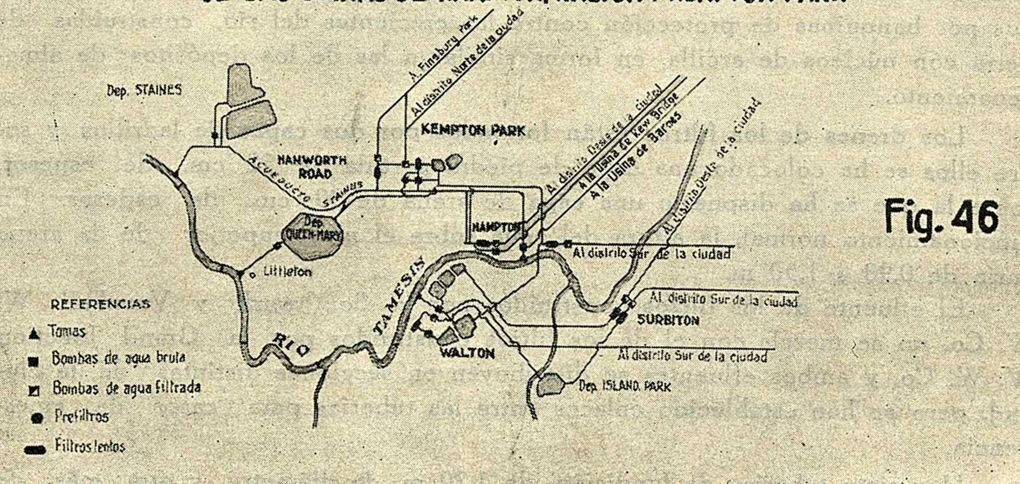


Fig. 46

viene de los lechos de filtración naturales existentes, sobre los que se hace pasar el agua del río para que sufra una primera filtración.

En Hampton hay construídas 5 tomas en el río Támesis pero se usa ordinariamente una sola. Las tomas y sus canales de comunicación con los pozos de succión de las bombas que elevan el agua a las instalaciones de purificación, no presentan ninguna característica especial. En la extremidad próxima al río de cada canal hay una reja y una válvula de compuerta que permite aislarlo.

Hay 4 depósitos de almacenamiento de agua que contienen cuando están llenos 1 980 000 m. cbs. de agua sin filtrar, aproximadamente, y un depósito de agua filtrada cubierto, de unos 11000 m.^{3} de capacidad.

Los depósitos de almacenamiento de Hampton, como todos los otros depósitos pertenecientes a la "Junta Metropolitana de aguas", son a cielo abierto y están constituídos por altas banquinas de tierra revestidas generalmente con hormigón del lado interior de los depósitos, y cuya impermeabilidad se ha asegurado con un núcleo central de arcilla que se prolonga hacia abajo hasta encontrar la capa de arcilla que constituye la formación geológica de la cuenca del Támesis, a una profundidad de 6 a 15 metros.

En la usina de Hampton hay 47 filtros del tipo inglés o lentos, que tienen en conjunto 20.5 hectáreas de superficie. Las áreas de los lechos vacían de 3000 a 7000 m.^{2}, pero la mayoría tienen aproximadamente unos 3500 m.^{2} (70,00 m. por 50,00 m.) que se considera muy conveniente para la explotación, pues las unidades de mayor superficie exigen desplazamientos muy grandes del personal durante las limpiezas, para el retiro y colocación de la arena.

Los muros de los lechos más modernos son de hormigón revestidos de ladrillos interiormente. Su impermeabilidad se ha asegurado con un revestimiento exterior de arcilla. Los lechos situados a cotas más bajas están rodeados por banquinas de protección contra las crecientes del río, construídas de tierra con núcleos de arcilla, en forma similar a las de los depósitos de almacenamiento.

Los drenes de los filtros están formados por dos capas de ladrillos y sobre ellos se ha colocado una capa de piedra partida de 52 cm. de espesor, sobre la que se ha dispuesto una capa de arena de 90 cm. de espesor. En funcionamiento normal, la altura del agua sobre el nivel superior de la arena varía de 0,90 a 1,50 m.

El efluente de los filtros construídos por la Southwark y Vauxhall W. W. Co. no se mezcla con el de los filtros construídos por la Grand Junction W. W. Co. y ambos efluentes se distribuyen en secciones distintas de la ciudad, pero se han establecido enlaces entre las tuberías para casos de emergencia.

Hay siete tuberías de fundición, de 1,20 m. de diámetro y otra más de 91 cm. de diámetro para distribuir el agua bruta sobre los filtros. El agua filtrada es elevada por medio de 5 tuberías de diámetros variables entre 0.76 y 1,10 m, habiendo una sexta tubería de reserva de 91 cm. de diámetro. El

agua bruta que se eleva a las instalaciones de Barnes y Kew Bridge es conducida por una tubería de 1,10 m., dos de 91 cm. y una de 81 cm. de diámetro.

b) Usina de Walton

La usina de bombeo y purificación de Walton fué inaugurada en el año 1926, Figs. 47 y 48. Está situada en la margen derecha del Támesis, aguas arriba de la usina de Hampton. Sus instalaciones de bombeo elevan por día, en promedio, unos 330 000 m.³ de agua bruta y de ese volumen unos 90 000 m.³ son purificados en la misma usina.

La toma de la usina de Walton está constituída por 3 túneles de poca

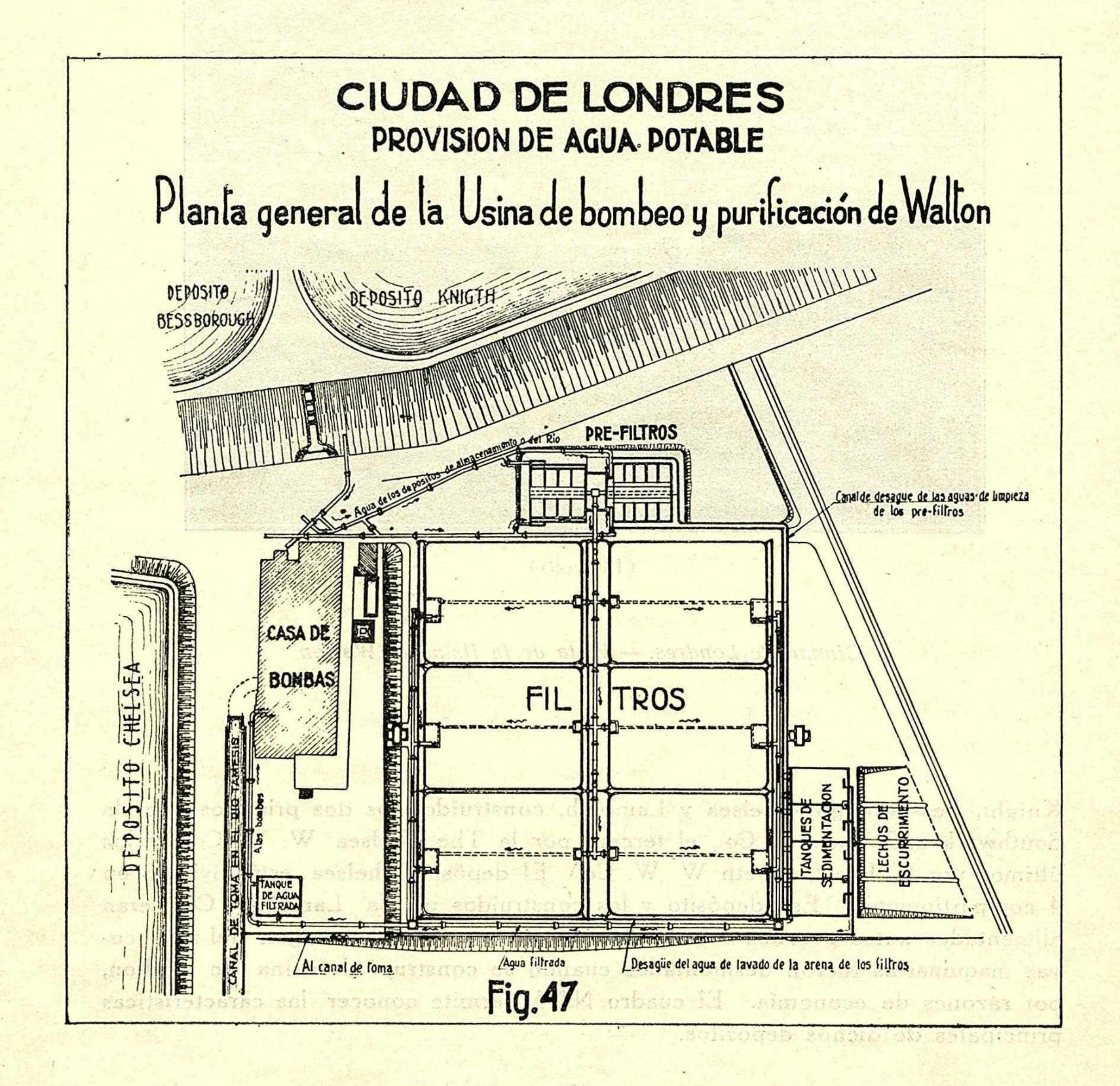


Fig. 47

longitud obturables del lado de tierra por medio de compuertas Stoney. El agua después de atravesar unas rejas pasa a un canal abierto de sección trapezoidal, de 431,50 m. de longitud, capaz de conducir unos 900 000 m.³ de agua cada 24 horas. La profundidad del agua en el canal es de 2,40 m.

Las bombas toman ordinariamente el agua del canal y la elevan a los depósitos de almacenamiento inmediatos, conocidos por los nombres de



(FIG. 48)

Ciudad de Londres. — Vista de la Usina de Walton

Knight, Bessborough, Chelsea y Lambeth, construídos los dos primeros por la Southwark and Vauxhall Co., el tercero por la The Chelsea W. W. Co. y los últimos por la The Lambeth W. W. Co. El depósito Chelsea está dividido en 4 compartimentos. Ese depósito y los construídos por la Lambeth Co. eran alimentados antes por dos usinas situadas entre ellos y la margen del río, cuyas maquinarias fueron desmontadas cuando se construyó la usina de Walton, por razones de economía. El cuadro N.° 5 permite conocer las características principales de dichos depósitos.

CUADRO N.° 5

Características de los depósitos de almacenamiento y sedimentación conectados con las usinas de Hampton, Walton y Kempton Park.

DEPOSITO	Area correspondiente al nivel más elevado del agua	Profundidad	Capacidad
	Ha.	*m.*	*m.³*
Knight	20, 8	12, 50	2 182 000
Bessborough	29, 9	12, 50	3 263 000
Chelsea	16, 2	6, 55	863 000
Lambeth	29, 1	7, 46 6, 24	1 854 000
Kempton	— —	6, 00	1 364 000
Staines	— —	— —	15 175 000
Queen Mary	292, 6	11, 58	30 685 000
Island Barn	49, 0	— —	4 191 000

Con el objeto de facilitar su sedimentación, el agua bruta es elevada al depósito Knight, en el que penetra por una entrada situada en la conjunción de la banquina perimetral del depósito con la que sirve de divisoria entre él y el depósito Bessborough, recorre el depósito Knight y pasa enseguida al Bessborought, a través de una abertura existente en la banquina divisoria, y después de recorrer ese depósito sale por una toma de captación situada en la extremidad de dicha banquina divisoria, en posición simétrica a la entrada del agua en el depósito Knight. Con el mismo objeto se ha establecido una comunicación entre los depósitos Chelsea y Lambeth y se les hace trabajar en serie. El agua sedimentada en estos últimos depósitos, por causas que no están completamente establecidas, está generalmente libre de algas y su filtración no ofrece las dificultades de las aguas almacenadas en los otros depósitos.

El agua tratada en los prefiltros y filtros de Walton es generalmente la que ha sufrido previamente una sedimentación en los depósitos Knight y Bessborough, pero cuando el nivel del agua en estos depósitos es insuficiente para alimentar los prefiltros por gravitación, se trata directamente el agua bruta del río. En esos casos las bombas que ordinariamente levantan el agua del Támesis a los depósitos mencionados, alimentan directamente los prefiltros.

La doble filtración se lleva a cabo en 18 prefiltros o filtros primarios y en 6 filtros, de acuerdo con las experiencias realizadas por el Ingeniero Jefe de la Junta Metropolitana de aguas en colaboración con Sir Alejandro Houston, Director de los laboratorios de la misma corporación.

Cada prefiltro tiene 4,90 m. por 7,90 m. de lado, o sea un área de 38,70 m.², (1) y es capaz de tratar de 4500 a 9000 m.³ cada 24 horas, a velocidades de filtración variables entre 117 y 234 m.³ por metro cuadrado y por 24 horas, de modo que el caudal máximo que puede tratarse en 24 horas en los 18 prefiltros de Walton es de 162 000 m.³ (2). Esos filtros, que se diferencian de los filtros rápidos norteamericanos en que tratan aguas que han sufrido unicamente una sedimentación simple, (no se les agrega coagulante) están dispuestos de tal manera que pueden trabajar con una carga máxima de 3,00 m., que en ocasiones se reduce a 1,80 m.

Los prefiltros han sido construídos al aire libre a ambos lados de una galería techada donde están instalados los aparatos controladores de filtración, indicadores de pérdida de carga, llaves de maniobras, etc. Esa galería forma como dos alas de un cuerpo central donde están alojadas las oficinas, maquinarias, contadores, etc. y el tanque de agua de lavado, en un piso superior. El conjunto de estas construcciones ha sido realizado en hormigón armado.

De los 18 prefiltros, 10 han sido equipados con materiales y aparatos de control de la casa Candy Filter Co. y 8 con materiales y aparatos de la firma Paterson Engineering Co., ambas de Londres.

Como ya se dijo, ordinariamente el agua que llega a los prefiltros proviene de los depósitos Knight y Bessborough, pero en algunas oportunidades debe tratarse directamente el agua del Támesis. Tanto el agua de los depósitos como el agua del río llegan a la cabecera de cada fila de lechos a través

---

(1) El área de cada lecho es de 416 pies cuadrados, superficie muy conveniente para el funcionamiento de los lechos y que facilita los cálculos estadísticos puesto que dividiendo por 100 la velocidad de filtración horaria en galones ingleses por pie cuadrado, se tiene con bastante aproximación, el caudal de agua filtrado por lecho y por día, en millones de galones.

(2) Ordinariamente cada prefiltro trata unos 5000 m.³ de agua por día.

de 4 tuberías de 91 cm de diámetro (desprendidas de dos tuberías principales de 1,20 m. de diámetro) que descargan en otras tantas cámaras, de las que se distribuye el agua a los lechos por medio de canales apropiados

Los lechos de los prefiltros equipados por la casa Candy están constituídos por una capa de arena de 80 cm. de espesor colocada sobre una capa de piedra partida de 45 cm de espesor, que se apoya en una red de drenaje compuesta por unos entramados de fundición, Fig. 50, sobre los cuales van enroscados los coladores, a través de los cuales se produce la recolección del agua filtrada durante la filtración y se distribuye el aire y el agua de lavado durante la limpieza de los lechos. La altura del agua sobre la arena es de 1,88 m.

Cada lecho tiene un controlador de filtración, un indicador de pérdida de carga y un dispositivo para apreciar el color del agua de limpieza.

El aparato controlador de filtración de cada prefiltro Candy comprende, Fig. 49, un cilindro A abierto en sus bases, rígidamente unido a un eje B, por medio del cual se le puede hacer subir o bajar según sea la velocidad de filtración deseada, para lo que será suficiente hacer girar un pequeño volante o rueda de maniobra C. Dentro del cilindro actúa un pistón unido a otro cilindro abierto en sus bases D, de manera que las dos piezas pueden moverse libremente hacia arriba o hacia abajo, entre ciertos límites. El efluente de cada filtro debe pasar a través del espacio comprendido entre el cilindro A y la caja E y atravesar el cilindro D de su controlador, antes de llegar al depósito de agua filtrada, según indican las flechas.

Cuando ha cesado la filtración, el pistón y el cilindro D descienden por su propio peso quedando el espacio comprendido entre el cilindro D y la placa F, abierto al máximo. Iniciada la filtración, el pistón se desplazará hacia arriba empujado por la presión que ejercerá el agua sobre su cara inferior, hasta llegar a una posición de equilíbrio conocida, en la que la diferencia de las presiones que se ejercen en sus dos caras será contrabalanceada por su propio peso y el del cilindro D. Cualquier aumento de caudal aumentará la diferencia de las presiones que se ejercen sobre las dos caras del pistón y éste y el cilindro D se desplazarán hacia arriba, reduciéndose el espacio comprendido entre el cilindro D y la placa F, lo que provocará automáticamente una reducción en el canal de salida. Por lo contrario, si el caudal disminuyera, el pistón y el cilindro D descenderán, aumentando el espacio comprendido entre el cilindro D y la placa F, lo que facilitará automáticamente un aumento del caudal de salida y el restablecimiento del nivel de equilíbrio.

Según nuestros informes, el controlador descripto asegura la constancia de los caudales filtrados en cada unidad de tiempo y es bastante sensible, condiciones esenciales de todo controlador de filtración.

Cada prefiltro Candy ha sido provisto de unos dispositivos que permiten reducir automáticamente el nivel del agua sobre el lecho de arena cuando debe limpiarse, una vez cerrada la entrada de agua bruta o sedimentada, evitándose con ello los inconvenientes que originaría un descenso excesivo de ese

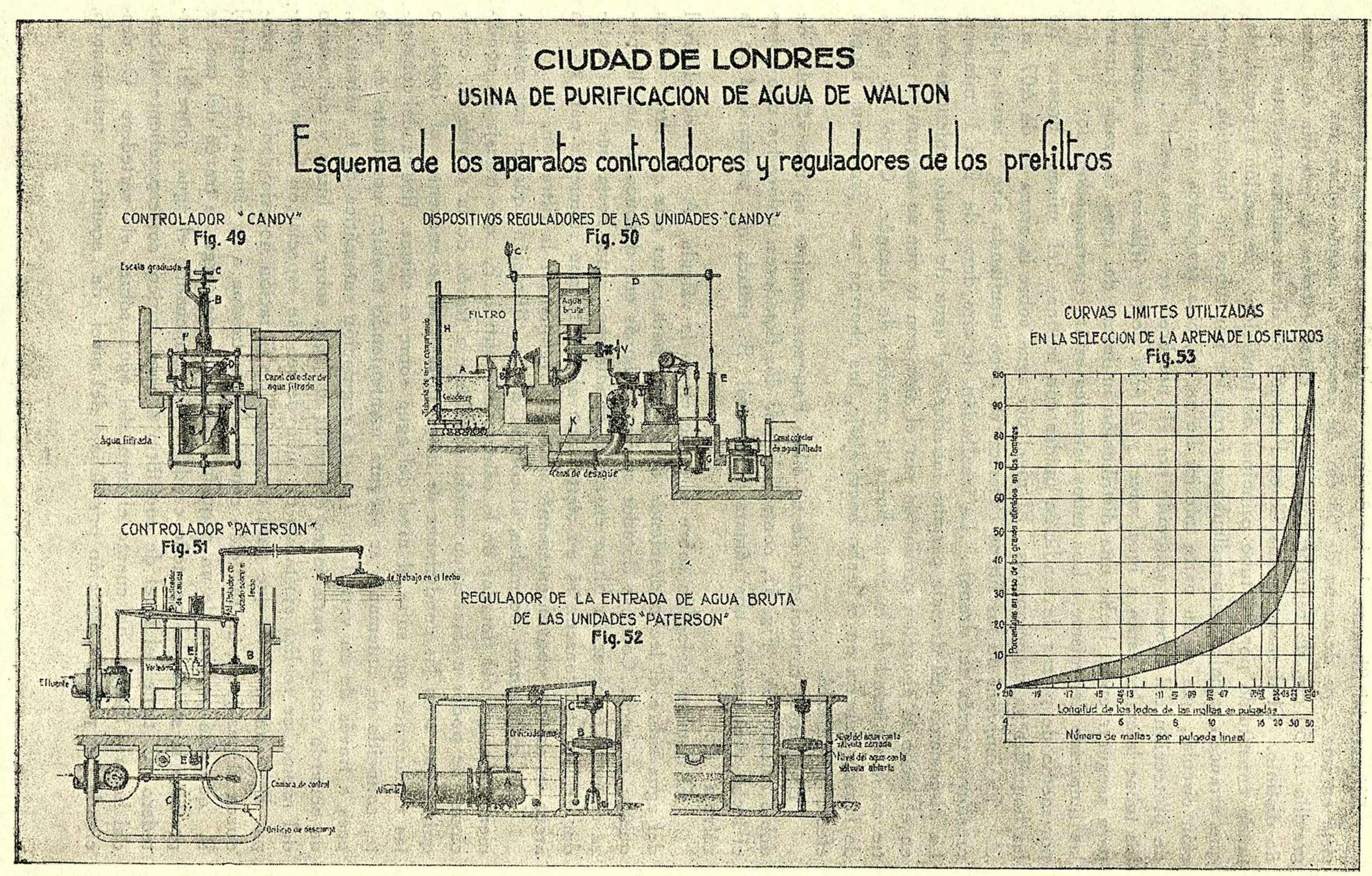
nivel por descuido del operador. La Fig. 50 muestra esquemáticamente esos dispositivos. Cerrada la válvula de entrada de agua bruta V, el nivel del agua que está sobre el lecho a limpiar comenzará a descender, pero cuando haya llegado a algunos centímetros sobre el nivel de la arena provocará la caída del flotador A y como consecuencia la abertura de la válvula B y el descenso del contrapeso C, que a su vez provocará la rotación del árbol D y la abertura de la válvula E. La abertura de esta válvula originará la descarga del tanque F, llamado "tanque de puesta en marcha lenta", el flotador I descenderá y la válvula G, de doble asiento, se cerrará, cesando el pasaje del agua a través del lecho. Al final de la operación quedará sobre el nivel de la arena una capa de agua de 2 a 3 cm. de espesor, requerida para comenzar la limpieza.

Para realizar esa operación se comienza por cerrar la entrada del agua bruta y se espera a que el contrapeso C del dispositivo descripto anteriormente caiga (1). Una vez que esto sucede el operador pone en marcha el compresor destinado a insuflar el aire necesario para producir la agitación de los granos de arena y la separación de la suciedad que los rodea y transcurridos unos cinco minutos hace cesar la insuflación y abre la válvula J dando entrada al agua destinada a arrastrar la suciedad del lecho hacia el desagüe. La entrada de agua se mantiene por unos diez minutos, generalmente.

La casa Candy no utiliza en sus filtros las canaletas de desagüe empleadas por otras casas constructoras en Inglaterra, y de un modo general en las plantas norte-americanas, para recoger el agua de limpieza sobre un lecho y facilitar su alejamiento. El agua sucia rebalsa dentro de una cámara, cuyos muros tienen sus coronamientos a 10 cm. sobre el nivel de la arena, y pasa de allí al canal de desagüe atravesando una válvula. La cámara tiene dimensiones tales que la altura del agua durante una limpieza no excede de 15 a 20 cm. sobre el nivel de la arena, reduciéndose así la dilución de la suciedad; reducción conveniente según los técnicos de la casa Candy cuando el agua de limpieza se recupera, como en Walton.

El dispositivo de la Fig. 50 permite también poner lentamente en servicio un lecho después de una limpieza, forma conveniente para evitar perturbaciones en el material filtrante. Terminada la limpieza, el operador cierra la válvula J y abre la entrada del agua bruta, llenándose enseguida la caja de la válvula B, provocando su cierre. Como la válvula G se mantendrá cerrada, el nivel sobre el lecho subirá y cuando haya alcanzado una determinada altura, el flotador A se levantará, provocando el giro del contrapeso C, la rotación del árbol D y el cierre de la válvula E. En el tanque F comenzará a subir el agua suministrada por un tanque L regulado con una válvula de flotador, elevándose gradualmente el flotador I que provocará la apertura lenta de la válvula G y el comienzo de la filtración. Esa serie de movimientos exije un cierto tiempo durante el cual la arena del lecho se asienta en forma conveniente antes de que recomience la filtración.

(1) En otras instalaciones de la casa Candy la caída del contrapeso hace sonar un timbre de alarma.


CIUDAD DE LONDRES
USINA DE PURIFICACION DE AGUA DE WALTON
Esquema de los aparatos controladores y reguladores de los prefiltros
CONTROLADOR "CANDY"
Fig. 49
Escala graduada
Canal colector del agua filtrada
Agua filtrada
DISPOSITIVOS REGULADORES DE LAS UNIDADES "CANDY"
Fig. 50
FILTRO
Agua bruta
Canal colector de agua filtrada
Canal de desagüe
CONTROLADOR "PATERSON"
Fig. 51
Nivel de trabajo en el lecho
Efluente
Cámara de control
Orificio de descarga
REGULADOR DE LA ENTRADA DE AGUA BRUTA
DE LAS UNIDADES "PATERSON"
Fig. 52
Afluente
Nivel del agua con la válvula cerrada
Nivel del agua con la válvula abierta
CURVAS LIMITES UTILIZADAS
EN LA SELECCION DE LA ARENA DE LOS FILTROS
Fig. 53
Porcentajes en peso de los granos retenidos en los tamices
Longitud de los lados de las mallas en pulgadas
Número de mallas por pulgada lineal

El material filtrante de los 8 filtros construídos por la casa Paterson consiste en una capa de arena de 68 cm. de espesor, colocada sobre una capa de gravilla de 50 cm. de espesor, formada por cinco estratos de gravilla de tamaño distinto. El drenaje de los filtros Paterson es de un sistema patentado, estando constituído por un tubo principal de fundición, de sección especial, del que arrancan ramales perpendiculares formados por tubos de fundición, de sección circular, que en su parte inferior llevan orificios revestidos con boquillas de protección del bronce conocido por el nombre de "gun metal". Todos los tubos laterales están a igual nivel y el área de los orificios es la necesaria para asegurar en el lecho una distribución uniforme del agua utilizada durante las limpiezas del mismo. Los tubos laterales están engrampados dos a dos por medio de piezas de fundición unidas con bulones del mismo bronce de las boquillas ya mencionadas. El nivel del agua sobre la arena es de 2,07 m.

La limpieza de los filtros Paterson se hace insuflando aire y agua a baja presión a través del drenaje. La insuflación de aire dura de 2 a 3 minutos. La disposición del drenaje permite introducir el agua de lavado mientras dura en el lecho la agitación producida por el aire, con lo que se asegura el arrastre de la suciedad de la arena hacia la canaleta de desagüe. Como el agua de lavado penetra en el lecho hacia abajo, los chorros no producen ningún efecto perjudicial.

El aparato controlador de un filtro Paterson consiste en una válvula de doble asiento A, Fig. 51, controlada por dos flotadores, colocados uno sobre el lecho y el otro en una cámara de control B situada en proximidad de la válvula A.

El flotador colocado sobre el lecho cierra la válvula A cuando el nivel del agua sobre el lecho desciende de 45 cm., para evitar que el filtro pueda quedar en seco. Con ese flotador se evita además que después de una limpieza el lecho comience a filtrar en malas condiciones, pues hasta que el flotador se levante transcurrirá un cierto intervalo de tiempo suficiente para que la arena se asiente convenientemente antes de recomenzar la filtración.

En condiciones normales, el control de la filtración queda automáticamente a cargo del flotador de la cámara de control B, que trabaja en condiciones de poder mantener un caudal constante a través de la válvula A, cualquiera que sean las condiciones de limpieza en que se encuentre el lecho o las variaciones que sufra el nivel del agua sobre el mismo. Ese caudal constante, conocido de antemano, se asegura manteniendo también constante el que pasa a través de un vertedero C. La regulación automática de la válvula A, de acuerdo con las variaciones del nivel del agua sobre un lecho y del estado del mismo, se realiza ajustando un tubo de rebalse especial en forma de trompa E a un nivel tal que para un caudal de filtración horario dado se produzca el pasaje de un reducido caudal de esa trompa a la cámara de control B, que está provista de un pequeño orificio de descarga, a través del cual se produce la salida del pequeño caudal que entra cuando el agua sobre el vertedero C tiene el nivel de equilíbrio o nivel crítico, correspondiente al caudal horario fijado. En cuanto el nivel del agua sobre el vertedero C descienda una pequeña fracción por debajo del nivel de equilíbrio mencionado,

el caudal que entraba en la cámara de control B cesará y el flotador bajará, provocando la apertura de la válvula de salida A, la pequeñísima cantidad necesaria para restablecer el nivel de equilibrio del agua sobre el vertedero. Si, por el contrario, aumentara el nivel del agua sobre ese vertedero, entrará a la cámara B un caudal mayor al que saldrá por el orificio de descarga de la cámara y el flotador se elevará, provocando el cierre de la válvula A hasta restablecer el nivel de equilibrio sobre el vertedero.

La simplicidad del controlador Paterson es remarcable y su sensibilidad grande, debido a que el flotador tiene que hacer desplazamientos importantes para producir pequeñas variaciones en la válvula A. El tubo especial en forma de trompa puede ajustarse para asegurar cualquier caudal horario de filtración deseado, por medio de un pequeño volante y una escala graduada.

La entrada del agua sedimentada o del agua bruta a los prefiltros Paterson de una misma fila, está regulada por una válvula A, Fig. 52, gobernada por un flotador B, emplazado en una cámara de control. El flotador no tiene otro objeto que mantener el nivel constante sobre los lechos, cualquiera que sea la presión de las tuberías alimentadoras o el caudal que se filtra en la unidad de tiempo. En la cámara de control se ha dispuesto un vertedero C de modo tal, que cuando los filtros tienen su nivel normal de trabajo descarga por encima de él a la cámara, un pequeño caudal que escapa por el tubo de descarga D, para mantener en la cámara un nivel de equilibrio. Si el caudal que atraviesa la válvula excediera del caudal normal, aumentará la descarga del vertedero levantándose el flotador, lo que provocará el cierre de la válvula de entrada A lo suficiente para restablecer el nivel de equilibrio en la cámara de control. Si, por lo contrario, el caudal disminuyera, la descarga del vertedero disminuiría, bajando el flotador y abriéndose la válvula A lo suficiente para restablecer el nivel de equilibrio en la cámara de control.

Teniendo en cuenta que los prefiltros son alimentados directamente por los depósitos de almacenamiento Knight y Bessborough, cuyos niveles varían sensiblemente, se justifica la colocación de un dispositivo como el descripto para asegurar un nivel constante de trabajo. La sensibilidad del dispositivo es la misma que la del controlador Paterson, pues trabaja de acuerdo con el mismo principio.

El agua filtrada empleada para limpiar los prefiltros o filtros primarios de Walton, proviene de un depósito de hormigón armado emplazado sobre el cuerpo central de la casa de filtros. Ese depósito tiene una capacidad de 130 m.^{3} y el nivel del fondo está a 7,60 m. sobre el nivel superior de la arena en los filtros.

El aire comprimido para remover los lechos durante las limpiezas es suministrado por 3 compresores, 2 de los cuales pueden suministrar 28 m.^{3} de aire por minuto, a la presión de 0,7 Kg. por centímetro cuadrado; el tercer compresor puede suministrar 14 m.^{3} de aire por minuto, a la misma presión.

En las tuberías de provisión de aire hay instalados contadores para apreciar los volúmenes insuflados. Para asegurar la exactitud de esos aparatos, se ha previsto un depósito de acero de 1,7 m.^{3} de capacidad, entre ellos y los compresores.

El efluente de los prefiltros se recoge en un canal que descarga en un pozo abierto ubicado en el centro del edificio, de donde el agua pasa a una tubería de fundición de 1,50 m. de diámetro, que alimenta los filtros. Esa tubería está emplazada bajo el camino que separa los dos grupos de 3 filtros existentes.

Cada filtro de la usina de Walton tiene un área de 3375 m.². Las paredes y el fondo son de hormigón simple. El fondo ha sido construído en dos capas superpuestas entre las que se ha colocado una capa impermeable de asfalto, de 19 mm. de espesor, aplicada en dos manos. Los muros están protegidos por su parte exterior por una capa de arcilla plástica de 60 cm. de espesor; estando revestidos por el lado interior y en los coronamientos con ladrillos especiales.

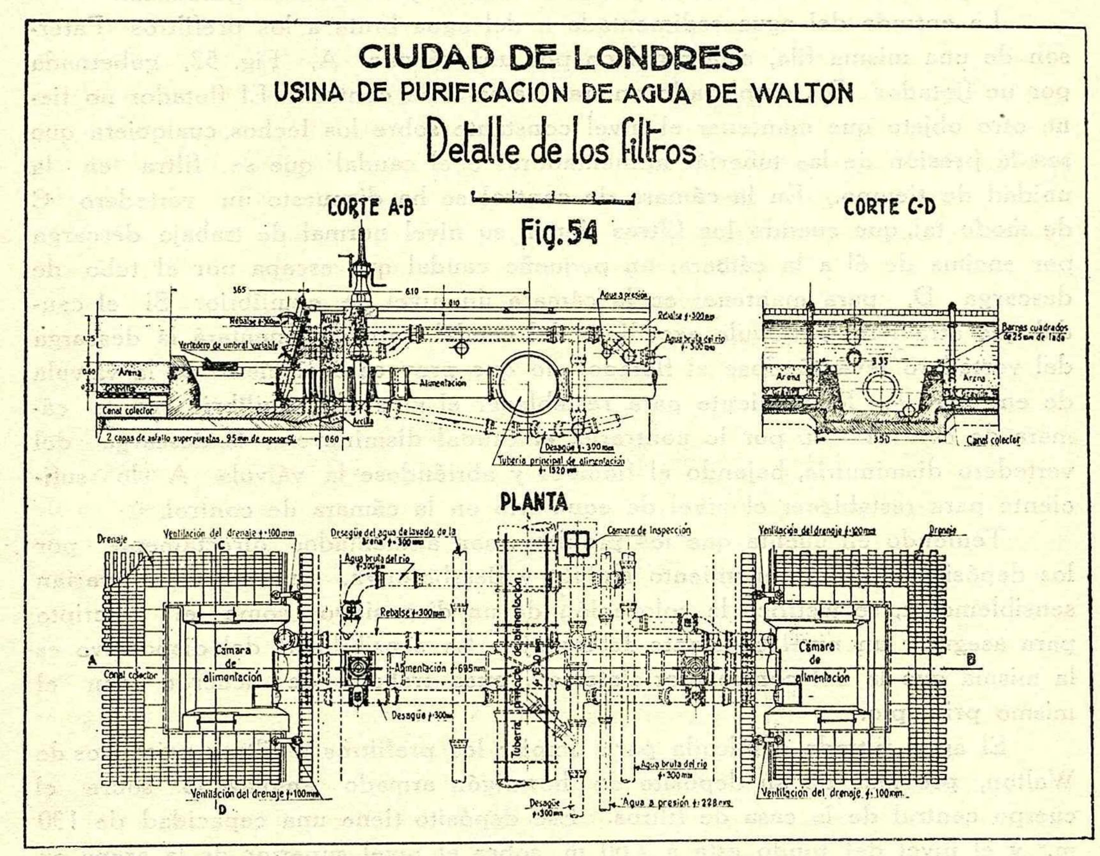


Fig. 54

Los drenes de los filtros están formados por dos capas de ladrillos. En la inferior los ladrillos están colocados en filas transversales distantes entre sí el ancho de un ladrillo y en la superior los ladrillos van dispuestos longitudinalmente uno junto a otro. Los ladrillos de la capa superior tienen rebajos laterales que favorecen el pasaje del agua. Sobre los drenes hay colocada una capa de piedra partida de 15 cm. de espesor contra los muros laterales del lecho y 23 cm. de espesor en el centro del mismo. Las piedras son capaces de atravesar un tamiz de mallas cuadradas de 15 mm. y quedar retenidas en un tamiz de mallas cuadradas de 6 mm. Sobre la piedra partida se ha colo-

cado una capa de arena de 60 cm. de espesor. La arena de los filtros fué cuidadosamente seleccionada, habiéndose especificado para su suministro los porcentajes en peso de los granos que debían quedar retenidos en cada uno de los tamices de una serie dada y se establecieron las curvas límites de la Fig. 53. Hasta que se construyeron los filtros de Walton la "Junta Metropolitana de aguas" no había establecido normas tan precisas para el suministro de la arena.

En funcionamiento normal, la altura del agua sobre el nivel superior de la arena es de 1.20 m.

En las cuatro esquinas de cada filtro hay cuatro tubos de rebalse conectados con las tuberías de fundición que descargan en los tanques de sedimentación que mencionaremos más adelante.

La Fig. 54 muestra la disposición de las tuberías en la cabecera de cada filtro y la forma en que el agua prefiltrada entra en dichos lechos. Las barras cuadradas superpuestas que constituyen el umbral de los vertederos laterales de las cámaras de alimentación de los filtros, son retiradas a medida que el nivel de la arena desciende en los lechos con las limpiezas, para mantener los umbrales y la arena en un mismo plano y evitar la alteración de los lechos con las caídas del agua.

Se ha previsto una tubería para la alimentación de cada filtro con agua bruta del río, pues se ha comprobado que en ciertas épocas del año es conveniente introducir, después de cada limpieza de un lecho y durante un cierto tiempo, agua bruta del río para acelerar la formación de la película activa en la superficie.

La Fig. 55 muestra la cámara de recolección de agua filtrada de un filtro y el local donde están alojados los aparatos indicadores y registradores de caudal y pérdida de carga de los tres filtros de cada grupo y los aparatos de dosificación del sulfato de amonio y del cloro que se agrega al efluente de los mismos para esterilizarlo. Los registradores son de la casa Kent y trabajan en combinación con el tubo Venturi colocado a la salida de cada filtro Los dosificadores son de la casa Paterson.

De acuerdo con las experiencias realizadas por Sir Alejandro Houston se agrega el sulfato de amonio para evitar el mal gusto y olor que podría originar el cloro en las aguas, debido principalmente a los micro-organismos que contiene. El sulfato de amonio se agrega al efluente de cada filtro a la salida del mismo, antes de pasar por el tubo Venturi, y el cloro se agrega antes de pasar al pozo de aspiración de las bombas en la tubería que conduce el efluente de cada grupo de filtros a dicho pozo. La dosis ordinaria de sulfato de amonio es de 0,2 p.p m. de solución normal y la dosis de cloro de 0,2 p.p.m. Los dosificadores se han provisto por duplicado, manteniéndose una unidad de reserva Los tabiques de las cámaras de recolección de los filtros tienen por objeto hacer más íntima la mezcla del sulfato de amonio con el agua.

Para limpiar la arena de los filtros en la usina de Walton se procede como diremos enseguida. En los extremos de cada filtro, próximas a las cámaras de entrada y salida del agua, hay otras dos cámaras de ladrillo A, Fig. 56, que cuando el lecho está en funcionamiento permanecen recubiertas por

la arena. En el centro de cada una de esas cámaras hay una tolva de recolección, Fig. 57, en cuya base se ha emplazado un inyector en línea recta con una tubería de 75 mm. de diámetro, que por medio de tubos de igual diámetro se enlaza durante las limpiezas con la primera tolva de una serie de cua-

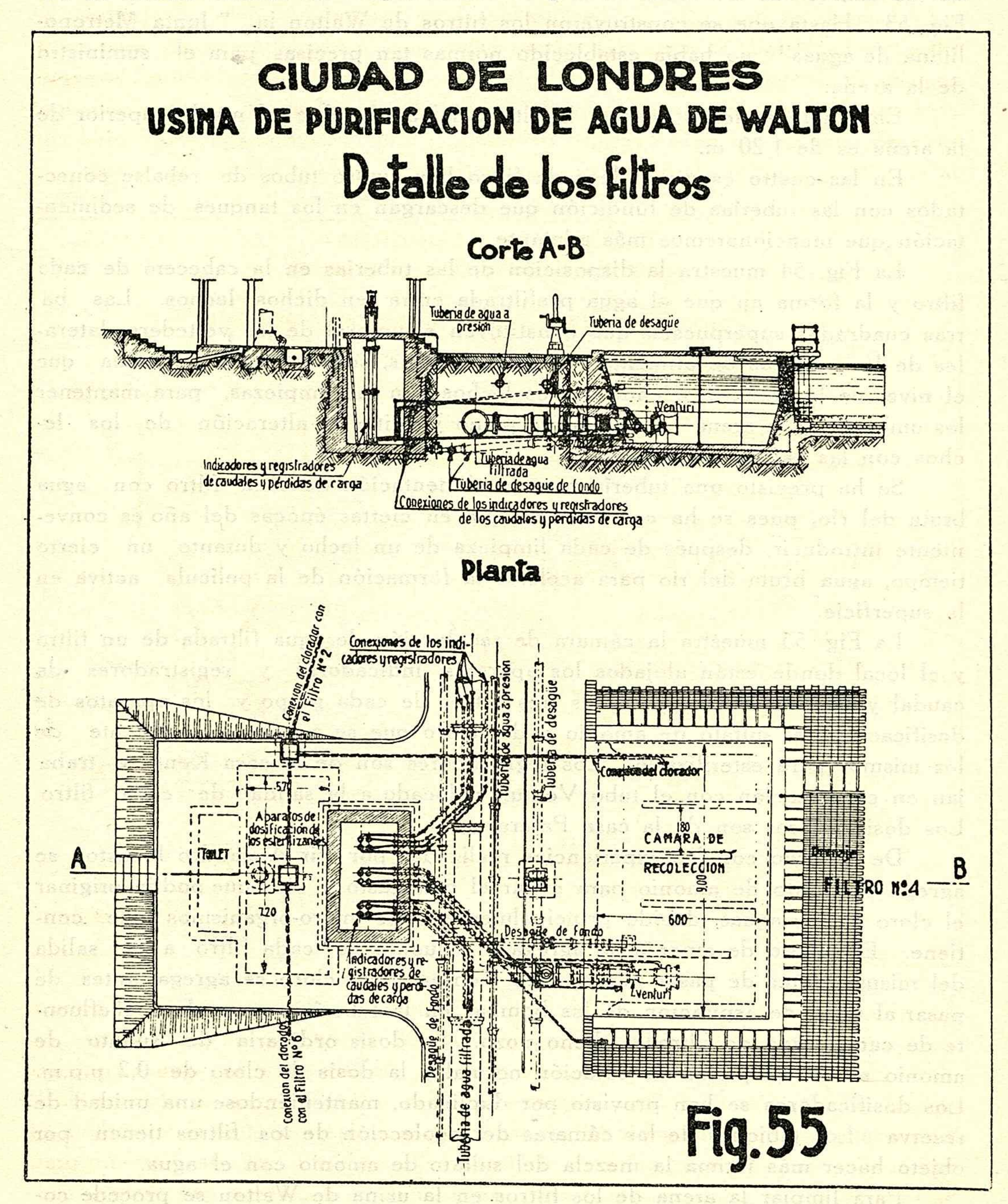
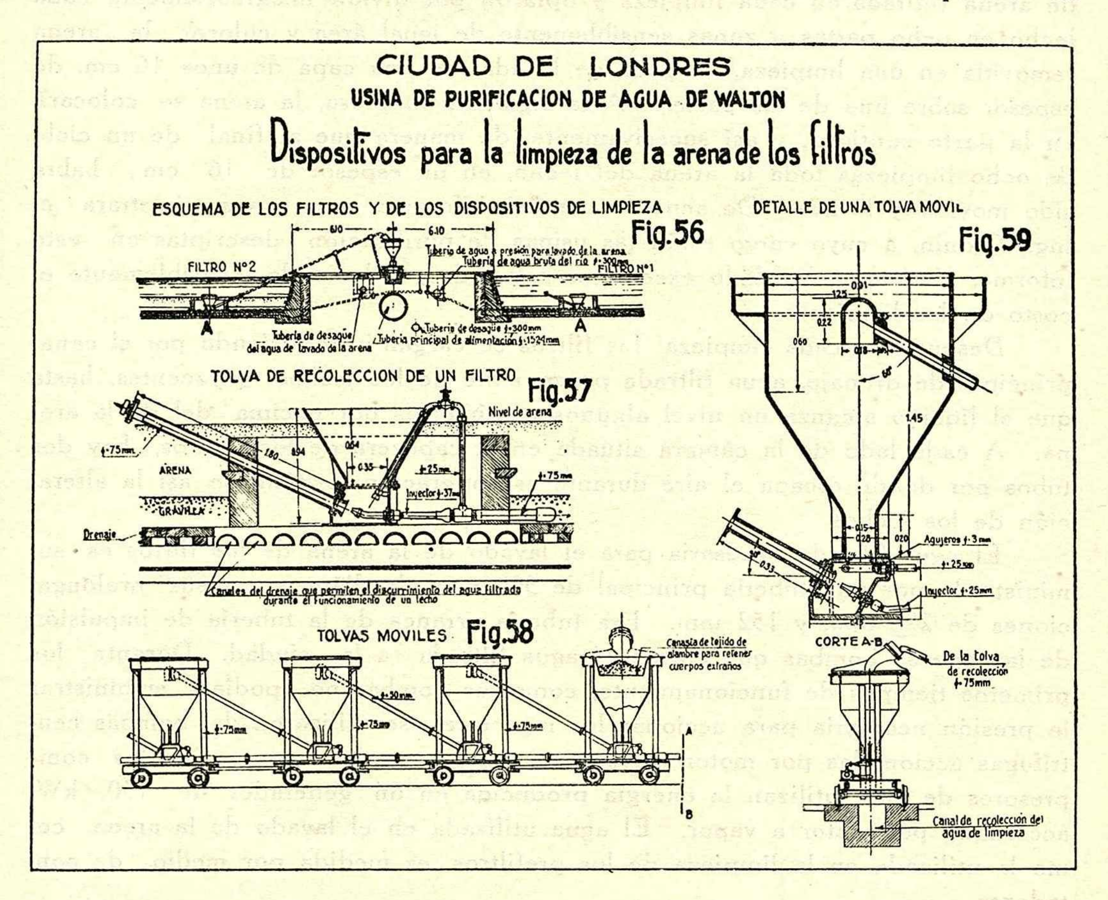


Fig. 55

tro, montadas sobre carriles, Figs. 58 y 59. Una tubería de 75 mm. de diámetro, de conducción de agua filtrada a presión, se bifurca dentro de cada cámara en dos ramales, uno de 37 mm. de diámetro para alimentar el inyector,

y otro de 25 mm. de diámetro para alimentar a un tubo perforado que atraviesa la tolva de recolección de arriba a abajo, colocado con el objeto de evitar que la arena se aglomere dentro de la tolva y facilitar su pasaje a través del cuello de la misma.

Cuando el indicador de pérdida de carga indica que debe limpiarse un filtro, se hace salir el agua del mismo hasta que quede la arena en seco. Enseguida se comienza a retirar a pala la capa superior, generalmente ennegrecida, de 20 mm. de espesor, y se la lleva hasta la tolva de recolección más próxima, por medio de carretillas de mano, y una vez enlazada esa tolva con la serie móvil, colocada sobre el camino divisorio de los filtros, se ponen en



funcionamiento los inyectores, abriendo las llaves que los ponen en comunicación con las tuberías de agua a presión. Como se deduce de las figuras, cada inyector tiene por objeto levantar la arena de una tolva a otra, contribuyendo al mismo tiempo a su limpieza. En las tolvas móviles la eficacia de la limpieza se aumenta sensiblemente con el agua a presión que se introduce en los cuellos de las tolvas a través de unos orificios de 3 mm. de diámetro practicados en tubos anulares de 25 mm. de diámetro. La arena que llega a cada tolva por su parte superior, encuentra al caer la corriente de agua ascendente introducida a través de los orificios ya mencionados y, antes de llegar a la parte inferior de la tolva, se desprende de la suciedad, la que será arrastrada

por dicha corriente hacia la canaleta colectora que rodea el coronamiento de cada tolva, de donde por medio de cuatro tubos de bajada, pasará al canal de desagüe encargado de conducir las aguas del lavado de la arena a los tanques de sedimentación que más adelante se describirán.

La arena retirada de la superficie de un filtro en cada limpieza es descargada directamente después de lavada sobre el lecho y acumulada sobre el mismo, para ser extendida luego, a mano, sobre una parte o zona solamente.

Los técnicos de la "Junta Metropolitana de aguas" comprobaron que era muy difícil y oneroso reponer perfectamente sobre todo el lecho, la capa de arena retirada en cada limpieza y optaron por dividir imaginariamente cada lecho en ocho partes o zonas sensiblemente de igual área y colocar la arena removida en una limpieza, después de lavada, en una capa de unos 16 cm. de espesor sobre una de las partes. A la siguiente limpieza, la arena se colocará en la parte contigua, y así sucesivamente, de manera que al final de un ciclo de ocho limpiezas toda la arena del lecho, en un espesor de 16 cm., habrá sido movida y lavada. De acuerdo con los informes que nos suministrara el Ing.° Cronin, a cuyo cargo están las usinas de purificación descriptas en este informe, el sistema ha dado excelentes resultados, reduciendo sensiblemente el costo de las limpiezas.

Después de cada limpieza los filtros se cargan introduciendo por el canal principal de drenaje, agua filtrada proveniente de los lechos adyacentes, hasta que el líquido alcanza un nivel algunos centímetros por encima del de la arena. A cada lado de la cámara situada en la cabecera de los filtros, hay dos tubos por donde escapa el aire durante esa operación, evitándose así la alteración de los lechos.

El agua filtrada necesaria para el lavado de la arena de los filtros es suministrada por una tubería principal de 300 mm. de diámetro y sus prolongaciones de 228 mm. y 152 mm. Esa tubería arranca de la tubería de impulsión de las nuevas bombas que elevan el agua filtrada a la ciudad. Durante los primeros tiempos de funcionamiento, como las bombas no podían suministrar la presión necesaria para accionar los inyectores, se utilizaron dos bombas centrífugas accionadas por motores eléctricos que, como los motores de los compresores de aire, utilizan la energía producida en un generador de 150 kW. accionado por motor a vapor. El agua utilizada en el lavado de la arena, como la utilizada en la limpieza de los prefiltros, es medida por medio de contadores.

El efluente de los filtros, después de clorado, es recogido por tuberías de fundición que descargan en otra principal de 1524 mm. de diámetro, que lo conduce a un depósito de agua filtrada, que sirve al mismo tiempo de pozo de toma de las bombas que elevan el agua a la ciudad. El depósito está construído con fondo y muro de hormigón simple, con techo de hormigón armado soportado por columnas de igual material. La losa del fondo fué construída en dos capas, habiéndose colocado entre ellas otra de asfalto de 19 mm. de espesor; los muros perimetrales han sido revestidos exteriormente con una capa de arcilla de 0.60 m. de espesor, en igual forma que los lechos de los filtros. La capacidad del depósito de agua filtrada es de 1135 $m.^3$.

El agua utilizada en la limpieza de los prefiltros y en el lavado de la arena de los filtros es conducida por medio de tuberías especiales de desagüe a los tanques de sedimentación, de los que hay tres destinados a tratar el agua proveniente de la limpieza de los prefiltros y uno más para tratar el agua utilizada en el lavado de la arena de los filtros. Esos tanques han sido construídos de hormigón con los coronamientos revestidos de ladrillos. Los fondos tienen ligera pendiente de la extremidad de entrada de las aguas a la de salida. Las aguas permanecen un cierto tiempo en dichos tanques, durante el cual se despojan por sedimentación de un alto porcentaje de las materias que llevan en suspensión. Por medio de un tubo provisto de un flotador en su boca de entrada y unido a la tubería de descarga por medio de una articulación, se hacen pasar las aguas más claras de las capas superiores del líquido acumulado en un tanque, a una tubería de 300 mm. de diámetro encargada de conducirlas normalmente al canal de toma o a un canal que desagua en el río, aguas abajo de la toma, si están muy cargadas de algas. El limo depositado en esos tanques es conducido durante las limpiezas, a una cámara especial situada en un extremo del tanque y de allí es elevado a los lechos de escurrimiento, por medio de una bomba centrífuga accionada por una rueda Pelton, alimentada por la tubería que suministra el agua a presión para el lavado de arena.

Hay cuatro lechos de escurrimiento, limitados por banquinas de tierra revestidas de tepes y constituídos por una capa de unos 23 cm. de gravilla, sobrante de la preparación de los hormigones de las estructuras. En cada lecho se han previsto dos sendas hormigonadas para las vagonetas utilizadas en la extracción de los barros desecados, los que se utilizan como material de relleno.

El agua purificada en la usina de Walton es elevada al distrito Sur de la ciudad por medio de una línea de bombeo de 1.22 m. de diámetro.

c) *Usina de Kempton Park*

Las instalaciones de Kempton Park consistían en dos depósitos de almacenamiento de 6.00 m. de profundidad y de una capacidad total de 1 364 000 m.^{3}, doce filtros lentos, de unos 3000 m.^{2} de superficie cada uno, y una casa de bombas (1); pero con el objeto de aumentar la capacidad de los filtros, la "Junta Metropolitana de aguas" resolvió construír veinticuatro prefiltros o filtros preliminares, iguales a los de la usina de Walton, los que fueron librados al servicio a fines de Octubre de 1929, conjuntamente con una nueva casa de bombas. Los filtros preliminares de Kempton Park constituyen las instalaciones más modernas de purificación construídas por la "Junta Metropolitana de aguas" de Londres, y con ellos se ha conseguido hasta cuadruplicar la velocidad de filtración de los filtros lentos, y por lo tanto, la capacidad de la

(1) Esas instalaciones fueron construídas por la New River Company.

planta. A continuación haremos una breve descripción de esas instalaciones, limitándonos a destacar sus características propias, evitando la repetición de lo dicho a propósito de las instalaciones de Walton.

La Fig. 60 muestra la disposición general de la planta de la usina de Kempton Park y la Fig. 61 dos cortes de las instalaciones de prefiltración.

Los prefiltros de Kempton Park son, como se dijo, idénticos a los construídos por la casa Paterson en la usina de Walton, están igualmente equipados y como ellos pueden tratar de 4500 a 9000 m.^{3} cada 24 horas, a velocidades de filtración variables entre 117 y 234 m.^{3} por metro cuadrado en 24 horas.

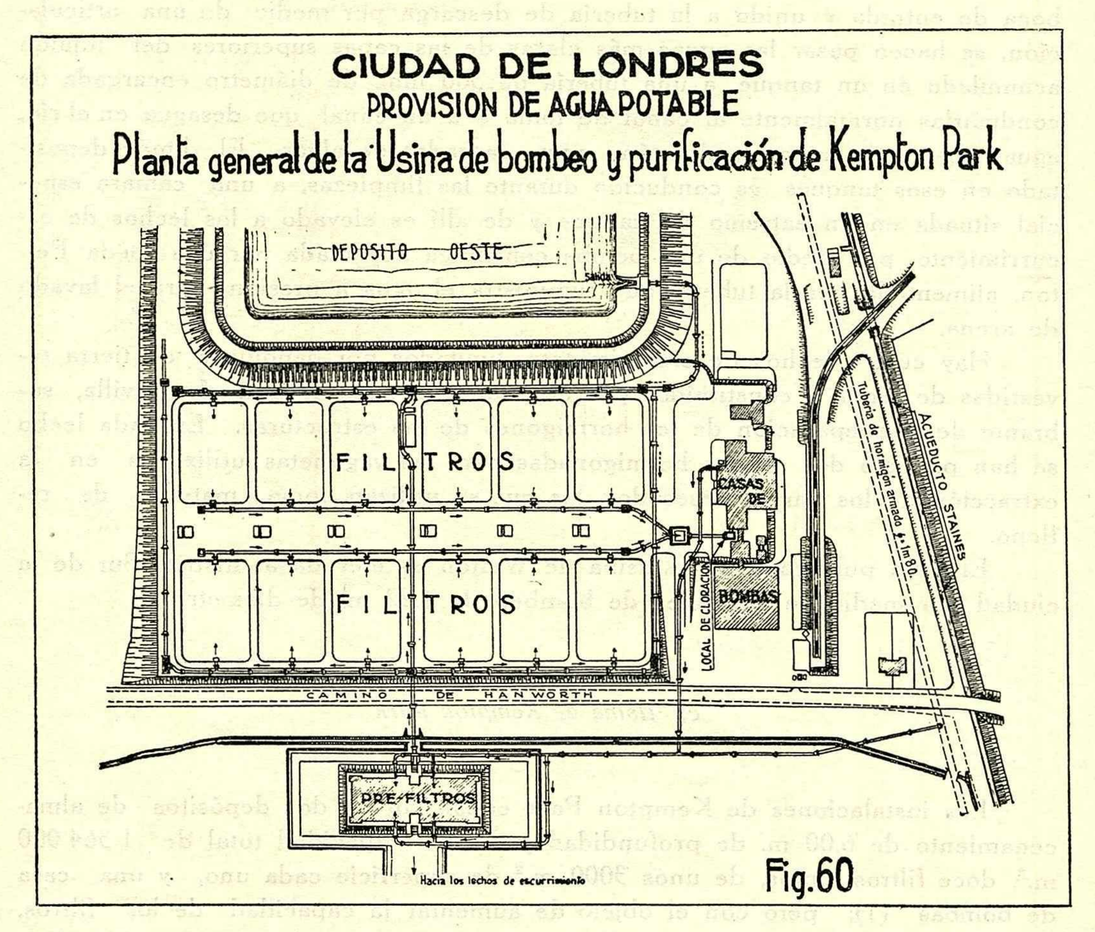
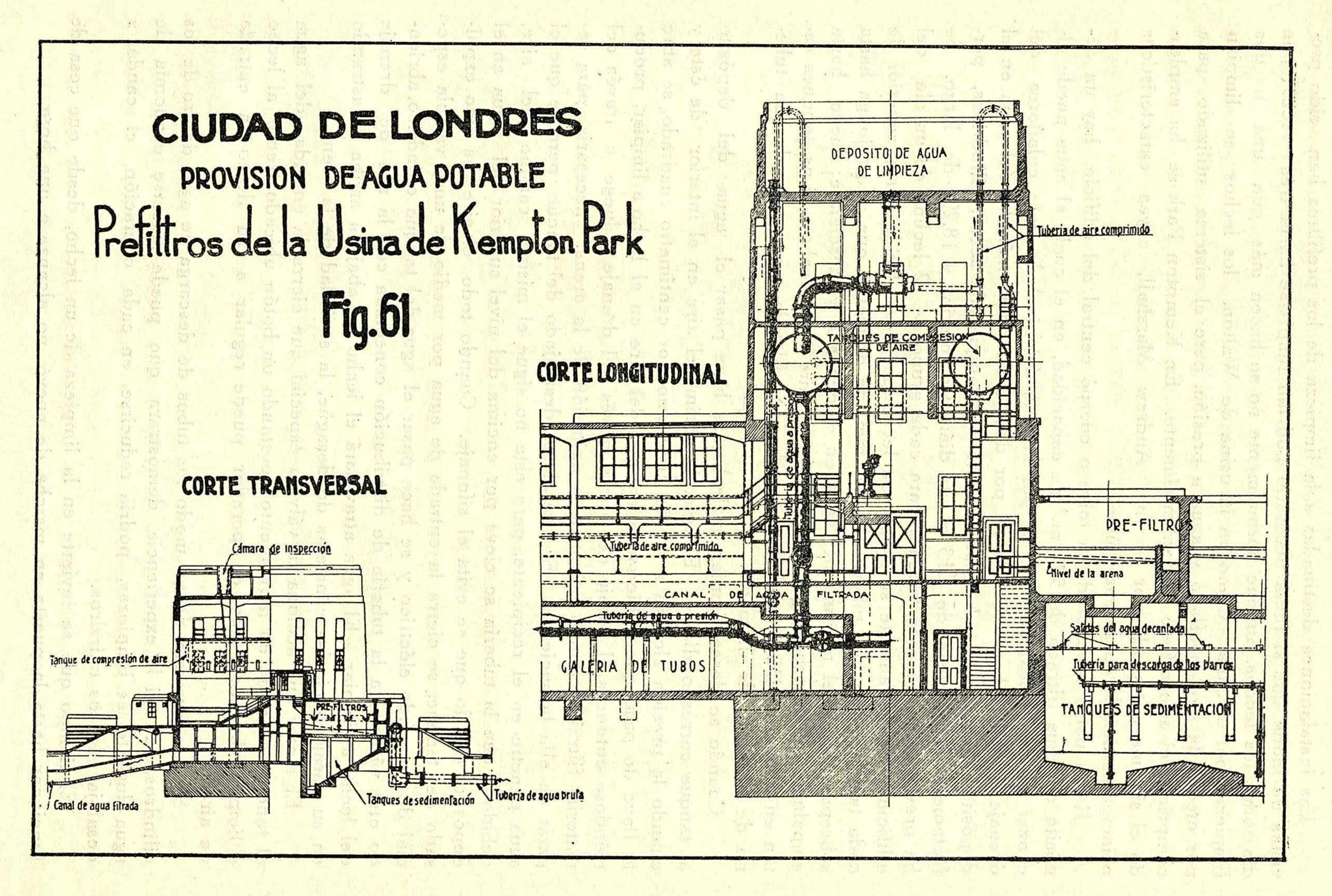


Fig. 60

Como los prefiltros debían construirse elevados para poder alimentar los filtros por gravedad, se aprovechó para construir debajo de ellos los tanques de sedimentación para tratar las aguas provenientes de su limpieza. Debajo de cada grupo de 6 lechos se construyó el tanque de sedimentación correspondiente En esos tanques las aguas sedimentadas escapan por orificios dispuestos en la parte superior y son descargadas al Támesis, mientras que el limo es descargado sobre lechos de escurrimiento, por medio de una tubería que trabaja de acuerdo con el mismo principio que las tuberías de descarga de los barros de un tanque Imhoff.


CIUDAD DE LONDRES
PROVISION DE AGUA POTABLE
Prefiltros de la Usina de Kempton Park
Fig. 61
CORTE TRANSVERSAL
Cámara de inspección
Tanque de compresión de aire
PRE-FILTROS
Canal de agua filtrada
Tanques de sedimentación
Tubería de agua bruta
CORTE LONGITUDINAL
DEPOSITO DE AGUA DE LIMPIEZA
Tubería de aire comprimido
TANQUES DE COMPRESION DE AIRE
Tubería de agua a presión
Tubería de aire comprimido
CANAL DE AGUA FILTRADA
GALERIA DE TUBOS
PRE-FILTROS
Nivel de la arena
Salidas del agua decantada
Tubería para descarga de los barros
TANQUES DE SEDIMENTACION

Las instalaciones destinadas a la limpieza de los prefiltros han sido previstas de modo que si fuera necesario podrían limpiarse hasta tres veces por día todos los lechos, aunque normalmente no se hacen más que una o dos limpiezas por semana. Como en la usina de Walton, los lechos se limpian por medio de aire insuflado y agua a presión, pero el sistema utilizado para comprimir el aire difiere fundamentalmente. En Kempton Park se ha empleado el sistema patentado por el Ing.° Andrew Marshall, cuyas características principales detallaremos enseguida.

En la parte superior de la torre o cuerpo central del edificio, hay un depósito de agua filtrada de 545 m.^{3} de capacidad, en el cual el agua puede alcanzar un nivel máximo 17.68 m. por encima del nivel de los coladores del drenaje de los lechos. A 7.32 m. por debajo del nivel máximo del agua en el depósito, hay colocados horizontalmente dos tanques de acero, cilíndricos, perfectamente herméticos, de 2.13 m. de diámetro interior y 18.29 de largo. Se ha previsto uno de esos tanques para cada grupo de 12 lechos de un ala del edificio y que solamente se limpie un lecho por vez. De la parte superior de cada tanque parte una tubería de 150 mm. de diámetro, que se prolonga hasta sobrepasar el nivel máximo del agua en el depósito y desciende luego hasta empalmar con la tubería de distribución de aire a los lechos. Los tanques están en comunicación con el depósito de agua filtrada, por medio de una tubería de 500 mm. de diámetro.

Cuando se desea limpiar un lecho, se hace pasar el agua del depósito al tanque correspondiente. El agua comprime el aire en el interior de éste y cuando la presión alcanza a medio kilogramo por centímetro cuadrado, se abre la llave de paso que gobierna la entrada del aire en el lecho a limpiar, produciéndose entonces el pasaje del aire a través del drenaje y luego a través del material filtrante, dando origen a la agitación de la arena, necesaria para separar de ella la suciedad. El aire al ser desalojado del tanque permite que el agua penetre en el recipiente, pero esta no sigue el mismo camino del aire, debido a que la tubería se eleva por encima del nivel superior del agua en el depósito, con lo que se evita el sifonaje. Cuando todo el aire ha sido expulsado del tanque, se cierra la entrada de agua por medio de una válvula especial de comando eléctrico y se hace pasar el agua del tanque cilíndrico, abriendo otra válvula, a la tubería de distribución conectada con la red de drenaje del lecho a limpiar. El agua atravesará el lecho de abajo a arriba arrastrando en su pasaje hacia las canaletas de desagüe, la suciedad de la arena.

El motor que acciona la válvula especial que cierra la entrada del agua al tanque, se pone en movimiento apretando un botón ubicado frente al lecho a limpiar, de modo que el operador puede regular a su deseo la entrada de aire.

Se han previsto de tal modo los tubos de descarga de agua dentro de los cilindros, que si la experiencia demostrara que puede hacerse economía de agua durante las limpiezas, podría reducirse en cada operación, el caudal a desalojar de los cilindros.

El tiempo que se invierte en la limpieza de un lecho, desde que cesa de funcionar hasta la puesta en marcha de nuevo, no alcanza a una hora.

El sistema de limpieza descripto exige que el depósito de agua esté colocado 7.32 m. más alto que en el sistema corriente de aire y agua, en el que aquel se insufla por medio de compresores, pero según el Ing.° Cronin, ya mencionado en el curso de este capítulo, la economía que se obtiene en los gastos de instalación y explotación, sobrepasa el exceso de costo del depósito.

El depósito de agua de limpieza puede alimentarse con agua filtrada de la tubería que eleva al depósito de Finsbury Park o con agua prefiltrada por medio de dos bombas centrífugas que toman el agua del canal de descarga de los prefiltros.

El efluente de los prefiltros pasa a los filtros por medio de canalizaciones similares a las que hemos visto al hablar de la usina de Walton y el efluente de los filtros pasa a un depósito de agua filtrada antes de llegar a las bombas que lo elevan a la ciudad, recibiendo al salir del depósito de agua filtrada, el cloro utilizado como esterilizante. Los aparatos cloradores son del mismo tipo de los usados en Walton y están alojados en un local especial próximo a la casa de bombas.

Ordinariamente los prefiltros de Kempton Park son alimentados por gravitación por el depósito de almacenamiento de Queen Mary, pero cuando el nivel del agua en este depósito desciende de 2.40 m. del nivel máximo, los prefiltros son alimentados por las bombas proveedoras de la instalación antigua de bombeo, que puede elevar además agua sedimentada del depósito Staines o agua bruta del Támesis, por medio de un ramal del acueducto de Staines. El agua que se deriva de dicho acueducto en Kempton Park es medida a su entrada al pozo de succión de las bombas. Si fuera necesario, la usina de Kempton Park puede ser alimentada por los depósitos de almacenamiento vecinos a ella. Esa diversidad de conexiones pone en evidencia las precauciones tomadas por los técnicos de la "Junta Metropolitana de aguas" de Londres, para asegurar el funcionamiento de la planta y evitar cualquier contingencia durante la explotación.

La tubería que viene del depósito Queen Mary es de hormigón armado y tiene 1.83 m. de diámetro interior hasta Kempton Park, continuándose hasta la usina de Hampton con un diámetro de 1.21 m. El acueducto de Staines está constituído por un canal a cielo abierto, capaz de conducir cada 24 horas unos 364 000 m.^{3}.

Adyacente a la usina de Kempton Park está la antigua usina de Hanworth Road, construída en 1871 por la East London Co. Las instalaciones de esta usina están a cargo del personal de la usina de Kempton. De ellas solo las de purificación, que consisten en 6 filtros lentos de 3400 m.^{2} cada uno, están en funcionamiento, manteniéndose las instalaciones de bombeo como un recurso para casos de emergencia. El efluente de los filtros pasa por gravedad al pozo de succión de las bombas de Kempton Park.

El agua filtrada en las usinas de Kempton Park y Hanworth Road es elevada a la ciudad por medio de tres líneas de bombeo de 0.91, 1.06 y 1.22 m. de diámetro.

d) Consideraciones sobre los lechos filtrantes de las usinas descriptas

Las dificultades más serias que debe vencer la "Junta Metropolitana de aguas" de Londres en las usinas de purificación que tratan aguas del río Támesis, provienen del desarrollo de algas que se produce en los depósitos de almacenamiento. Si no fuera por las algas, de los géneros Asterionella, Cyclotella y Fragilaria principalmente, que originan la colmatación de los lechos en cortos intervalos de tiempo, sobre todo en las épocas de calor, en que adquieren su mayor desarrollo, se podrían obtener largos períodos de funcionamiento de los filtros entre dos limpiezas consecutivas, puesto que la turbidez del agua a la salida de los depósitos de almacenamiento es muy reducida casi todo el año.

La construcción de prefiltros o filtros preliminares del tipo adoptado en Walton y Kempton Park ha permitido reducir los inconvenientes originados por esas algas, hasta cuadruplicar la duración de los períodos de funcionamiento de los filtros, y obtener sensibles economías en los gastos de explotación.

La velocidad media de filtración de los prefiltros de las usinas de Walton y Kempton Park es de 130 m.^{3} por metro cuadrado cada 24 horas, la velocidad máxima rara vez ha excedido de 165 m.^{3} por metro cuadrado en 24 horas y la velocidad mínima ha sido de 100 m.^{3} por metro cuadrado en 24 horas. (1).

La duración media del período de funcionamiento de los prefiltros, entre dos limpiezas consecutivas, ha sido de 45 horas, la mínima de cinco horas y media y la máxima no ha excedido de una semana, pues esa es la duración mayor que se tolera para evitar que la arena se apriete o forme masa compacta en los lechos. Indudablemente, los períodos más cortos fueron en verano, por ser la época en que las algas se desarrollan con mayor facilidad.

El volumen medio de aire insuflado para la agitación de la arena de un prefiltro durante una limpieza fué de 14 m.^{3}. La presión del aire osciló entre 0.35 y 0.70 Kg. por centímetro cuadrado. La cantidad media de agua utilizada en una limpieza fué de 55 m^3, oscilando la velocidad ascensional del agua entre 30 y 40 cm. por minuto. El porcentaje anual de agua utilizada en las limpiezas, con relación al agua filtrada, ha oscilado alrededor de 0.45 °/₀.

La pérdida de carga mínima a través de los lechos de los prefiltros después de una limpieza ha sido de 30 cm. y la media de 50 cm. La máxima alcanzada durante el funcionamiento ha sido de 2.60 m.

Las experiencias realizadas a velocidades de filtración de 234 m.^{3} por metro cuadrado cada 24 horas, demostraron que si se adoptara esa velocidad de trabajo, los períodos de funcionamiento de los lechos serían dos veces y media menos prolongados, que el porcentaje de agua de limpieza debería duplicarse, aproximadamente, que la pérdida de carga después de una limpieza sería de 60 cm. y que resultaría menos económico trabajar a esa velocidad que a la velocidad media o normal de 130 m.^{3} por metro cuadrado y día

(1) Se ha llegado a filtrar a la velocidad de 234 m.^{3} por metro cuadrado en 24 horas durante algunas experiencias o ensayos solamente, y por cortos intervalos de tiempo.

CUADRO N.° 6

Características de los filtros de las usinas de Hampton, Walton, Kempton Park y Hanworth Road (1)

	S y V	G. J.	Walton	Kempton Park	Hanworth Road
Espesor de la capa de piedra partida, en cm.	52	52	15—22	15—22	45
Espesor de la capa de arena, en cm.	75—90	90	60	60	75
Porcentaje de arena retenida en el tamiz de 20 mallas por pulgada cuadrada	31	12	37	7	32
Idem. id. que pasa por ese tamiz y es retenida en el de 30 mallas por pulgada cuadrada	16	10	13	11	22
Idem. id. que pasa por el tamiz de 30 mallas por pulgada cuadrada	53	78	50	82	46
Altura del agua sobre la superficie superior de la arena en m.	1.65	0.90—1.50	1.20	1.20	1.20
Velocidad media de filtración, en m.³ por metro cuadrado y 24 horas	1.46	1.02	6.74		2.16
Duración media de los períodos de funcionamiento entre dos limpiezas consecutivas, en días	79	68	98	(2)	29
Caudal medio de agua filtrada en cada período de funcionamiento, en m.³	530 000	379 000	2 130 000		176 000

(1) Los filtros S y V son los construídos por la Southwark y Vauxhall W. W. C.° y los filtros G. J. los construídos por la Grand Junction W. W. C.°

(2) No fué posible obtener las cifras relativas a los filtros de Kempton Park después de la habilitación de los prefiltros, pero según los informes que nos fueron suministrados la duración media de los períodos de funcionamiento de los filtros y los caudales medios de agua filtrada en cada período serían superiores a los de los filtros S y V de Hampton. — Como la arena de los filtros de Kempton Park es mucho más fina que la de los filtros de Walton, la velocidad de filtración y la duración de los períodos de funcionamiento son mayores en estos que en aquellos.

El cuadro N.° 6 permite comparar las características principales de los filtros de las usinas de Hampton, Walton, Kempton Park y Hanworth Road y los datos más interesantes sobre su funcionamiento.

La experiencia les ha demostrado a los técnicos de la "Junta Metropolitana de aguas" que siempre que la arena de un filtro lento haya sido bien colocada y regularizada después de una limpieza, no hay ninguna razón para dar a la capa un espesor mayor de 60 cm. La observación del estado de los lechos durante las reparaciones les ha demostrado además, que una capa de gravilla o piedra partida de 15 a 22 cm. es suficiente para retener la arena y evitar su pasaje a los drenes Al proyectarse los filtros de Walton se tuvieron en cuenta esos datos, que permitieron reducir al mínimo el costo de los lechos, disminuyéndose la importancia de las excavaciones y el volumen de los materiales utilizados en su construcción

La experiencia ha demostrado que es necesario prestar atención sobre la calidad del agua sedimentada o bruta a tratar en un filtro y la velocidad de filtración a adoptar, si se desea obtener una mayor duración de los períodos de funcionamiento y que, manteniendo iguales esas condiciones, se obtienen mejores resultados con una arena gruesa que con una arena fina.

Los técnicos de la "Junta Metropolitana de aguas" han hecho observaciones interesantes sobre varios sistemas de lavado de la arena de los filtros lentos y su valor desde el punto de vista económico. En el Cuadro N.° 7 se han agrupado algunos de esos resultados.

El sistema de lavado con manga resultó el más lento y menos económico, pues la arena debía ser apaleada tres veces: al ser retirada del lecho, al lavarla y al colocarla de nuevo en el lecho, siendo el sistema de 4 tolvas en serie el más económico. Entre ciertos límites, cuanto más alta es la presión del agua que acciona los inyectores, mayor es la cantidad de arena que puede lavarse por hora y menor el consumo de agua por metro cúbico de arena a limpiar. Por medio de las bombas destinadas a elevar el agua necesaria para lavar la arena de los filtros en la usina de Walton, se comprobó que cuando la presión era de 12.3 Kg. por $cm.^2$ se podían lavar 11.5 m^3 de arena por hora, con un consumo de agua de 6.7 $m.^3$; mientras que cuando la presión era de 7.60 Kgs. por $cm.^2$ se podían lavar 6.1 $m.^3$ de arena por hora, con un consumo de agua de 9.7 $m.^3$. Actualmente el porcentaje medio anual de agua utilizada en el lavado de la arena de los filtros de Walton, con relación al agua filtrada por ellos, es de 0.03 °/₀.

El contralor de las aguas suministradas por la "Junta Metropolitana" de Londres está a cargo del laboratorio dependiente de la misma, a cuyo frente se halla Sir Alejandro Houston, autoridad de renombre mundial y a quien, como se sabe, se deben trabajos de gran trascendencia en materia de purificación de agua El Cuadro N.° 8 que sigue, obtenido del informe anual N.° 23 de dicho Laboratorio, permite apreciar la calidad del agua suministrada por las usinas que hemos descripto.

El cuadro N.° 9, obtenido en la misma forma que el anterior, permite apreciar la composición química de las aguas tratadas en la usina de Walton.

CUADRO N.° 7

Cuadro comparativo de los resultados obtenidos con distintos dispositivos de lavado de arena

	Sistema utilizado para levantar la arena sucia de los lechos	Arena lavada por hora	Agua de lavado utilizada por m.³ de arena	Presión del agua de lavado
		m.³	*m.³*	*kg. por cm.²*
Lavado de la arena con manga	Carretillas	0.765	12.—	2.1
Máquina Greenaway tipo pequeño	»	2.294	8.4	4.9
» » » grande	Inyector	3.823	17.3	3.9
Nueve u once tolvas pequeñas en serie	»	6.881	16.1	6.0
Seis tolvas medianas en serie	»	5.352	—	4.2
Cuatro tolvas grandes en serie (Fig. 58)	»	9.939	10.5	11.6

CUADRO N.° 8

Resultados de los análisis bacteriológicos. — Promedios anuales del año 1928.

	Número de bacterias por c. c. contadas en placas de Agar a 37.° C.	Porcentajes del número de muestras ensayadas que no contenían B. Coli en 100 c. c.
Agua bruta del Támesis frente a la usina de Walton	275	0 (1)
Agua almacenada en los depósitos de Walton	15	34.5
Agua filtrada y clorada en Walton, tomada en el pozo de succión de las bombas	3.7	96.4
Efluente de los filtros S y V de Hampton	1.8	74.2
» » » » G J. » »	2.1	76.3
» » » » de Kempton Park	5.1	80.6
» » » » » Hanworth Road	3.7	96.4

(1) 91.6 o/o de las muestras analizadas contenían B. Coli en 1 c. c. o en menor cantidad.

CUADRO N.° 9

Resultados de los análisis químicos. — Promedios anuales del año 1928.

	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Cloruro expresado en Cl.	Oxígeno absorbido en permanganato en 3 horas a 26. 6.° C.	Dureza total	Dureza permanente
	Partes por millón					
Agua bruta del Támesis frente a la usina de Walton .	0.070	0.131	16.9	1.89	237	56
Agua almacenada en los depósitos de Walton	0 081	0.115	16.7	1.36	234	53
Agua filtrada y clorada en Walton, tomada en el pozo de succión de las bombas	0.015	0.076	16.4	1.12	229	56

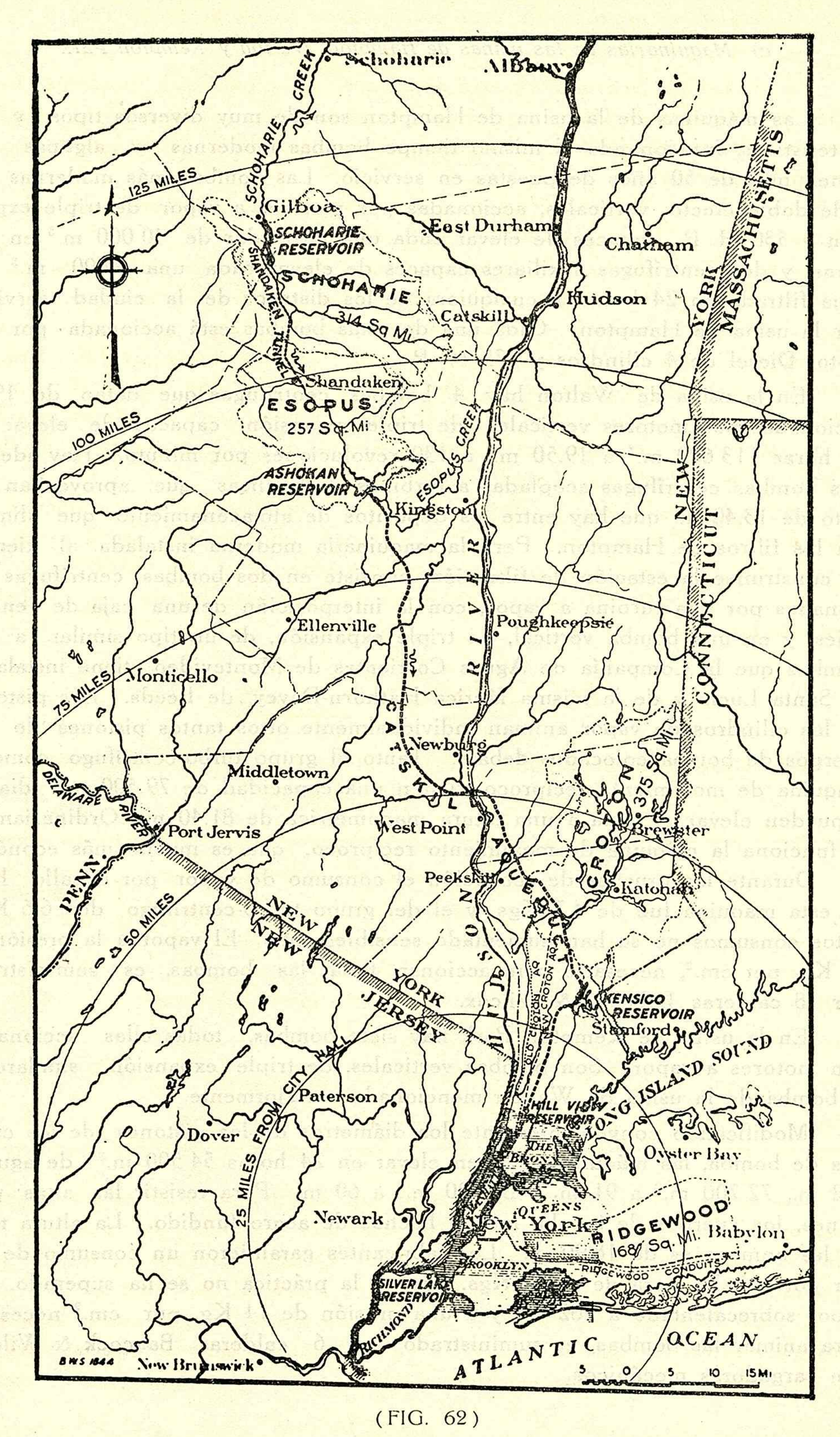
e) Maquinarias de las usinas de Hampton, Walton y Kempton Park

Las máquinas de la usina de Hampton son de muy diversos tipos y características, funcionando al mismo tiempo bombas modernas y algunas que tienen más de 50 años de puestas en servicio. Las bombas más modernas son 3 de doble efecto, verticales, accionadas por motores a vapor de triple expansión y 530 H. P., capaces de elevar cada una alrededor de 40 000 m.^{3} en 24 horas, y dos centrífugas auxiliares capaces de elevar cada una 6800 m.^{3} de agua filtrada en 24 horas, a cualquiera de los distritos de la ciudad servidos por la usina de Hampton. Cada una de estas bombas está accionada por un motor Diesel de 4 cilindros y 275 H. P.

En la usina de Walton hay 4 bombas centrífugas que datan de 1911, accionadas por motores verticales de triple expansión, capaces de elevar en 24 horas 113 600 m.^{3} a 19.50 m., a 130 revoluciones por minuto. Hay además tres bombas centrífugas acopladas a turbinas hidráulicas que aprovechan el salto de 13.40 m. que hay entre los depósitos de almacenamiento que alimentan los filtros de Hampton. Pero la maquinaria moderna instalada al tiempo de construirse la estación de filtración, consiste en dos bombas centrífugas accionadas por una turbina a vapor, con la interposición de una caja de engranajes, y en una bomba vertical, de triple expansión, de un tipo similar a las bombas que la Compañía de Aguas Corrientes de Montevideo tiene instaladas en Santa Lucía y de la misma fábrica Hathorn-Davey, de Leeds. Los pistones de los cilindros de vapor animan individualmente otros tantos pistones de los cuerpos de bomba colocados debajo. Tanto el grupo turbo-centrífugo como la máquina de movimiento recíproco, tienen una capacidad de 79 500 m.^{3} diarios y pueden elevar el agua a una altura manométrica de 81.40 m. Ordinariamente funciona la máquina de movimiento recíproco, que es mucho más económica. Durante las pruebas de recepción el consumo de vapor por caballo hora de esta máquina fué de 4.7 Kgs. y el del grupo turbo-centrífugo de 6.6 Kgs. Estos consumos no se han aumentado sensiblemente. El vapor a la presión de 14 Kg. por cm.^{2}, necesario para accionar todas las bombas, es suministrado por 18 calderas Babcock & Wilcox.

En la usina de Kempton Park hay siete bombas, todas ellas accionadas con motores a vapor. Son bombas verticales, de triple expansión, similares a la bomba de la usina de Walton mencionada anteriormente.

Modificando convenientemente los diámetros de los pistones de los cuerpos de bomba, las máquinas pueden elevar en 24 horas 54 500 m.^{3} de agua a 122 m., 72 700 m.^{3} a 91 m. o 86 400 m.^{3} a 60 m Para resistir las altas presiones, los cuerpos de bomba fueron hechos de acero fundido. La altura total de las bombas es de 18.90 m. Los fabricantes garantieron un consumo de vapor por caballo hora de 4.480 Kgs. que en la práctica no se ha superado. El vapor sobrecalentado a 282° C. y a una presión de 14 Kg. por cm.^{2} necesario para animar las bombas, es suministrado por 6 calderas Babcock & Wilcox, con cargadores mecánicos.



(FIG. 62)

Ciudad de Nueva York. — Plano de conjunto de los embalses y acueductos.

La ciudad de Nueva York está abastecida principalmente por los acueductos municipales de Catskill y Croton, existiendo en varios distritos algunos pequeños abastecimientos complementarios, a cargo de la Municipalidad o de Compañías privadas.

Los grabados, Fig. 62 y 63, permiten apreciar el emplazamiento de las principales obras, fuera y dentro de la ciudad.

El acueducto de Catskill tiene su origen en el embalse de Schoharie, cuyas aguas son conducidas por medio del trozo superior del acueducto, de 29 Km. de extensión, hasta la cola del embalse de Ashokan. Las aguas de este embalse son conducidas a su vez por un trozo del acueducto, de 130 Km. de extensión, hasta el embalse de Kensico, donde se unen con las aguas almacenadas en él, provenientes de los ríos Bronx y Byram, para ser conducidas luego, por medio de un nuevo trozo del acueducto, de 27 Km., hasta el depósito de Hill View, situado en el límite Norte de la ciudad.

Los dos acueductos de Croton, llamados antiguo y nuevo, conducen las aguas del río del mismo nombre, que han estado almacenadas previamente en 12 embalses y 6 lagos, que en total pueden retener unos 395 300 000 $m.^3$.

En el cuadro N.° 10 se consignan los datos principales de los embalses mencionados.

CUADRO N.° 10

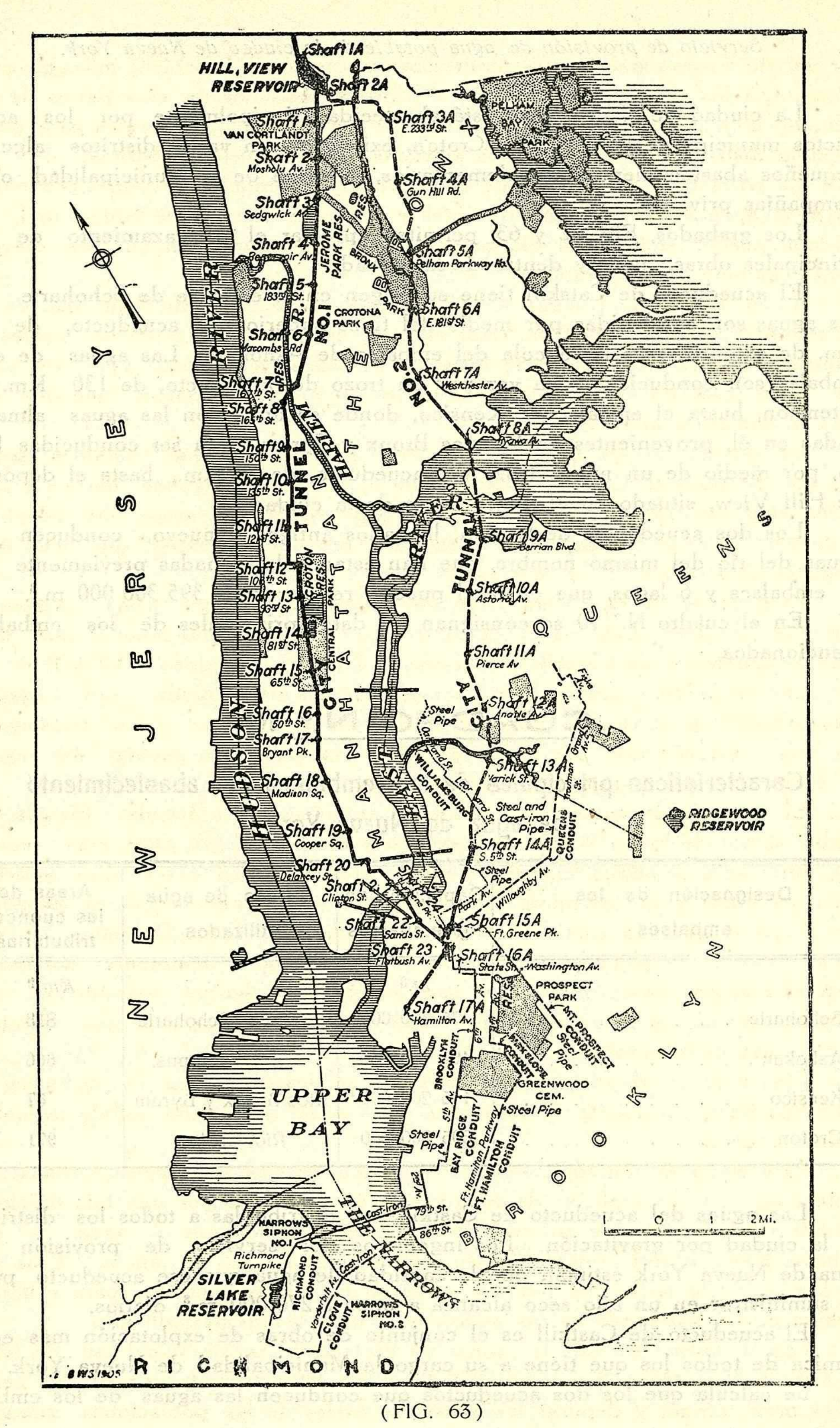
Características principales de los embalses del abastecimiento de agua de Nueva York

Designación de los embalses	Capacidad de los embalses	Cursos de agua utilizados	Areas de las cuencas tributarias
	*m.*³		*Km.*²
Schoharie	75 700 000	Arroyo Schoharie	813
Ashokan	494 700 000	» Esopus.	666
Kensico	115 700 000	Ríos Bronx y Byram	57
Croton	395 300 000	Río Croton	971

Las aguas del acueducto de Castkill son distribuídas a todos los distritos de la ciudad por gravitación. Los ingenieros del servicio de provisión de agua de Nueva York estiman que la cantidad de agua que ese acueducto puede suministrar en un año seco alcanza a unos 2 270 000 $m.^3$ diarios.

El acueducto de Castkill es el conjunto de obras de explotación más económica de todos los que tiene a su cargo la Municipalidad de Nueva York.

Se calcula que los dos acueductos que conducen las aguas de los embal-



(FIG. 63)

Ciudad de Nueva York. — Plano de emplazamiento de los túneles de la red de distribución.

ses del río Croton pueden distribuir diariamente hasta 1 270 000 m.^{3} aproximadamente, a los distritos de Manhattan y Bronx. Las dos terceras partes de ese volumen deben ser elevadas mecánicamente, en instalaciones locales para poder hacer la distribución en las partes elevadas de esos mismos distritos.

La parte baja del distrito de Brooklyn es alimentada por aguas provenientes de pequeños ríos, galerías filtrantes y pozos de la zona de Ridgewood, que en total pueden suministrar diariamente 378 000 m.^{3}, volumen que es elevado mecánicamente en su totalidad.

En el distrito de Queens se utilizan pozos y un pequeño lago, que en total suministran unos 53 000 m.^{3} diarios, para satisfacer los servicios locales y complementar el servicio que se satisface con el agua del acueducto de Catskill. Con igual fin se utilizan en el barrio de Richmond pozos, que dan por día, en conjunto, unos 30 000 m.^{3}.

En los distritos de Brooklyn y Queens hay además seis compañías privadas que distribuyen en total unos 210 000 m.^{3} diarios a algunos barrios o caseríos, fábricas, ferrocarriles, etc. Todas ellas distribuyen aguas de pozos y están bajo la superintendencia y control del servicio municipal que tiene a su cargo el abastecimiento de la ciudad.

El depósito de Hill View tiene por objeto hacer frente a las diferencias entre los consumos horarios de la ciudad y el caudal medio horario que conduce el acueducto de Catskill. Su capacidad total es de unos 3 400 000 m.^{3}.

Las aguas de ninguno de los abastecimientos de la ciudad son filtradas, pero todas ellas en cambio son esterilizadas antes de llegar a los consumidores, una o varias veces, por medio del cloro gaseoso. En general, son aguas de excelente calidad química y bacteriológica.

El agua del acueducto de Catskill es aireada en dos grandes fuentes situadas al pie de los embalses de Ashokan y Kensico y en otras más reducidas, entre esos embalses, con el objeto de librarla de los gases que generalmente contiene y de los micro-organismos que en algunas estaciones lleva consigo y que originarían gustos y olores desagradables. Tanto la fuente de Ashokan como la de Kensico constan de una gran taza o recipiente donde el agua es recogida después de haber sido arrojada en chorros ascendentes por 1599 pulverizadores de gran tamaño. Las otras fuentes son similares, variando solo en sus dimensiones.

Para destruir los micro-organismos que se desarrollan en los embalses o depósitos de almacenamiento se agrega a las aguas a menudo sulfato de cobre o cloro gaseoso.

Para evitar la contaminación de los embalses se han previsto zonas de protección. La del embalse de Ashokan está constituída por una faja de tierra de 300 m. de ancho que circunda la superficie ocupada por el agua, la del embalse Kensico está constituída por una faja de 150 m. de ancho. Esas fajas han sido plantadas con pinos y especies de árboles similares, para evitar la erosión de las márgenes de los embalses y los arrastres perjudiciales.

Con el mismo fin que las zonas de protección, la Municipalidad de Nueva York ha construído los alcantarillados y las estaciones de depuración necesarias para recoger y depurar las aguas residuales de las poblaciones situadas

en las cuencas tributarias de los embalses y mantiene un cuerpo de inspectores encargados de recorrer esas cuencas y controlar el cumplimiento de las reglamentaciones sanitarias en vigencia.

Del extraordinario conjunto de obras construídas por la Municipalidad de Nueva York para abastecer a la población con agua potable, el informante tuvo ocasión de visitar el embalse de Kensico, el depósito de Hill View, uno de los pozos de conexión y acceso de la canalización maestra en carga, conocida con el nombre de Túnel N.° 1, y un puesto de cloración.

El embalse de Kensico que está situado a unos 48 Km. del centro comercial de la ciudad, fué construído con una capacidad suficiente para poder alimentar por sí solo a su población durante varios meses, de modo que cualquier reparación que hubiera que realizar en los 120 km. de acueducto que hay entre ese embalse y el de Ashokan, pudiera hacerse sin dificultades. El muro de presa, como es sabido, es uno de los de mayor importancia construídos en el mundo. Sus características son tan conocidas que juzgamos innecesario hacer comentarios a su respecto. Las aguas que vienen del embalse de Ashokan penetran en el de Kensico, aguas abajo de su cola, entrando nuevamente en el acueducto después de atravesar unos tamices y ser esterilizadas y aireadas. Por medio de compuertas se regulan los caudales que se envían al depósito de Hill View.

El depósito de Hill View está emplazado en un paraje elevado, a 24 Km. al Sur del embalse de Kensico. Se trata de un depósito construído a cielo descubierto, formado por banquinas de tierra revestidas con hormigón. Tiene una profundidad de unos 11.00 m. y el área de la superficie del agua es de 36.5 hectáreas. El depósito está dividido en dos secciones por un muro de 835 m. de largo. Cada una de esas secciones puede ser alimentada independientemente, habiéndose previsto además una derivación para alimentar directamente la ciudad con las aguas del embalse de Kensico, lo que permite aislar el depósito completamente en caso necesario. Del depósito de Hill Niew parte la canalización maestra o Túnel N.° 1 y partirá el Túnel N.° 2 en construcción.

El Túnel N.° 1, que alimenta total o parcialmente los cinco distritos de Nueva York, tiene sección circular y fué construído en la roca a una profundidad variable entre 60.00 y 230.00 m. El diámetro de la sección en su arranque es de 4.57 m. reduciéndose después a 4.27, 3.96, 3.66 y 3.35 m. La longitud total de esa canalización es de unos 29 Km. La pared del túnel está constituída por un revestimiento de hormigón revocado con mortero de cemento portland. De los pozos terminales N.° 24 y 23 parten las tuberías de acero y fundición que alimentan los distritos de Queens y Richmond, respectivamente. Las dos tuberías que alimentan este último distrito atraviesan el canal o brazo del río Hudson por medio de sifones, constituídos por tubos unidos por medio de juntas a rotulas, de 0.90 y 1.10 m. de diámetro.

De los 25 pozos de conexión y acceso que tiene el túnel, incluyendo el pozo de cabecera o alimentación, 22 encierran las tuberías de conexión o enlace con la red de distribución. Esas conexiones están constituídas por tubos de acero roblonado, verticales, llamados elevadores, embebidos en hormigón en

la parte superior y revestidos interiormente con mortero de cemento. En cada pozo hay a 30.00 m. de profundidad, una válvula de bronce de 1 80 m. de diámetro y otra de 1.20 m. de diámetro con el objeto de obturar automáticamente el tubo elevador si se produjera una fuga importante en una tubería de distribución o en la parte superior del pozo mismo. Debajo de los pozos N.^{os} 13 y 18 hay válvulas que permiten dividir el túnel en secciones, en caso necesario.

Se ha previsto un enlace del Túnel N.° 1 con el acueducto de Croton, y en la zona comercial de la ciudad los pozos están en comunicación con las estaciones de bombeo a alta presión, del servicio contra incendios existente. Desde esas estaciones se gobiernan los motores eléctricos que accionan las válvulas que establecen las comunicaciones.

En el puesto de cloración visitado, la esterilización se realizaba por medio de aparatos cloradores Wallace y Tiernan, del tipo de vacío, de funcionamiento automático.

El informante tuvo ocasión de visitar además un trozo de la nueva canalización maestra o Túnel N.° 2, cuya construcción se comenzó en Octubre de 1928. Ese túnel se extenderá desde el depósito de Hill View hasta el distrito de Brooklyn, atravesando los distritos de Bronx y Queens. Tendrá unos 32 Km. de extensión, un diámetro de 5.18 m. en un trecho de unos 30 Km. y 4.50 m. en la parte restante. Será comunicado con el Túnel N.° 1 en su extremidad Sur. El Túnel N.° 2 será construído como su predecesor, completamente en roca, revestida con hormigón, revocado con mortero de cemento portland. La profundidad media del nuevo túnel será de 150 m. Tendrá 17 pozos de conexión y acceso. Una vez terminado permitirá distribuir 2 650 000 m.^{3} de agua por día, cantidad que según los cálculos de los técnicos proyectistas, permitirá cubrir las necesidades de los distritos de Brooklyn, Queens y Richmond hasta 1950. Se piensa terminar esa obra excepcional, por muy diversos conceptos, para el año 1934. La construcción fué otorgada por cuatro contratos distintos en la suma de $ 42 692 567,50 oro mericano.

Para terminar, mencionaremos que la red de distribución de la ciudad de Nueva York está constituída por tuberías de fundición unicamente, de diámetros variables entre 100 y 1800 mm. El número de conexiones existentes pasa de 600 000, pero solamente hay instalados 143 000 contadores, pues se instalan en los negocios unicamente, distribuyéndose el agua para los servicios domésticos a robinete libre. En los barrios de los negocios de Manhattan y Brooklyn, así como en el parque de atracciones de Coney Island, la Municipalidad de Nueva York mantiene servicios especiales contra incendios, constituídos por estaciones de bombeo, tuberías de distribución e hidrantes afectados a ese único fin. En el cuadro N.° 11 se consignan los caudales medios diarios de agua distribuídos en el año 1929, por los distintos abastecimientos de la populosa ciudad.

Suponiendo una población de 6 354 000 habitantes, el consumo por persona y día fué de 550 litros, aproximadamente.

CUADRO N.° 11

Caudales medios diarios de agua suministrados por los distintos abastecimientos de la ciudad de Nueva York

(AÑO 1929)

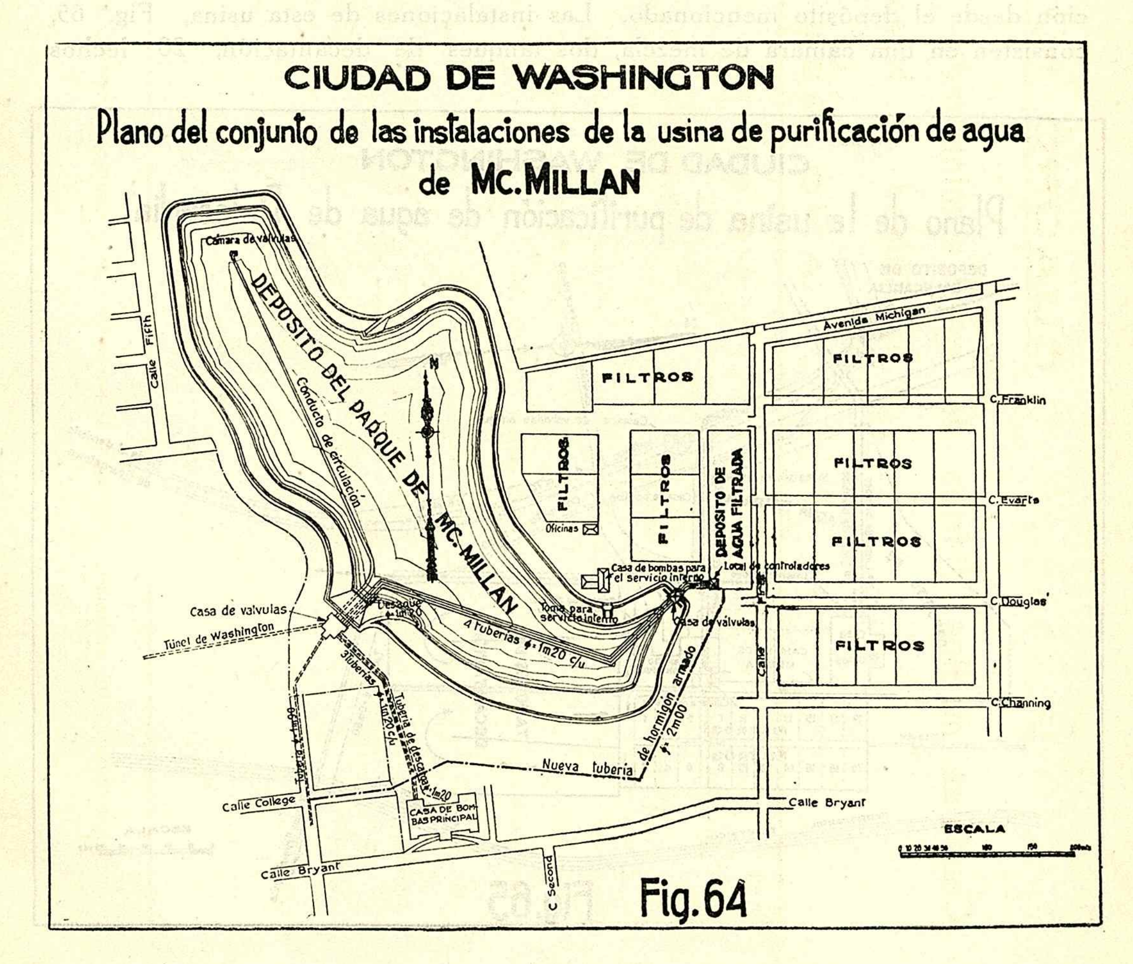
Circunscripciones abastecidas	ABASTECIMIENTOS						
	Catskill	Croton	Ridgewood y Brooklyn	Queens	Richmond	Compañías privadas	TOTALES
	METROS CUBICOS						
Manhattan.	863.000	610.000	— —	— —	— —	— —	1.473.000
Bronx	347.500	186.000	— —	— —	— —	— —	533.500
Brooklyn	740.000	— —	184.000	— —	— —	86.700	1 010.700
Queens	229.500	— —	— —	41.300	— —	121.300	392 100
Richmond	90.000	— —	— —	— —	11.350	— —	101.350
TOTALES . .	2.270.000	796.000	184.000	41.300	11.350	208.000	3.510.650

Suponiendo una población de 6.354.000 habitantes, el consumo por persona y día fué de 550 litros, aproximadamente.

La ciudad de Wáshington cuenta con una población de 450 000 habitantes, que son abastecidos de agua potable por dos usinas de purificación diferentes que, como el resto de las instalaciones, están a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Departamento de Guerra, desde la creación del Distrito Federal.

En el paraje conocido por Great Falls en el río Potomac, unos 26 kilómetros aguas arriba de la ciudad, fué construída una presa, de donde parten actualmente dos canalizaciones de aducción paralelas, construídas una en el año 1863 y la otra en el 1925, que conducen el agua hasta el depósito de almacenamiento de Dalecarlia, que tiene una capacidad de 567 000 m.^{3}. Dichas canalizaciones de aducción atraviesan en su recorrido el arroyo Cabin John, la antigua sobre un puente en arco de mampostería de 67.00 m. de luz, y la moderna por un sifón de 3.00 m. de diámetro, formado por tubos de acero de 9 5 mm. de espesor revestidos interiormente por una capa de hormigón de 15 cm. de espesor y exteriormente por otra de 30 cm. de espesor. La capacidad de la antigua canalización es de 283 000 m.^{3} por día y la de la moderna de 416 000 m.^{3} por día.

El depósito de Dalecarlia comunica por medio de una canalización espe-



cial con el depósito de Georgetown, de 567 000 m.^{3} de capacidad, que a su vez está en comunicación con el depósito del Parque Mc. Millan, inmediato a la usina de purificación construída en 1905. Los depósitos de Georgetown y Mc. Millan comunican por medio de un túnel, que atraviesa la ciudad en unos 6.5 kilómetros.

La usina del Parque Mc Millan, Fig. 64, tiene una capacidad de 283 000 m.^{3} por día. El agua es elevada desde el depósito inmediato a los filtros por medio de bombas a vapor. Hay 29 lechos filtrantes del tipo inglés o lentos. Cada uno tiene una superficie aproximada de 4000 m.^{2}. La velocidad de filtración es de 3.27 m.^{3} por metro cuadrado en 24 horas Hay un depósito de agua filtrada de 15 000 000 de m.^{3} de capacidad. La arena de los filtros se lava por medio de aparatos hidráulicos de un tipo especial, similar al descripto al hablar de la usina de Walton (Londres) que ha dado muy buenos resultados. Los filtros se limpian una vez cada tres meses, término medio, retirándose una capa de 2.5 cm., que se lava y se almacena después en silos especiales.

Durante el año 1927 se terminó la nueva usina de filtros rápidos a gravedad de Dalecarlia, inmediata al depósito del mismo nombre. Tiene una capacidad de 302 000 m.^{3} por día. El agua bruta llega a esta usina por gravitación desde el depósito mencionado. Las instalaciones de esta usina, Fig. 65, consisten en una cámara de mezcla, dos tanques de decantación, 20 lechos

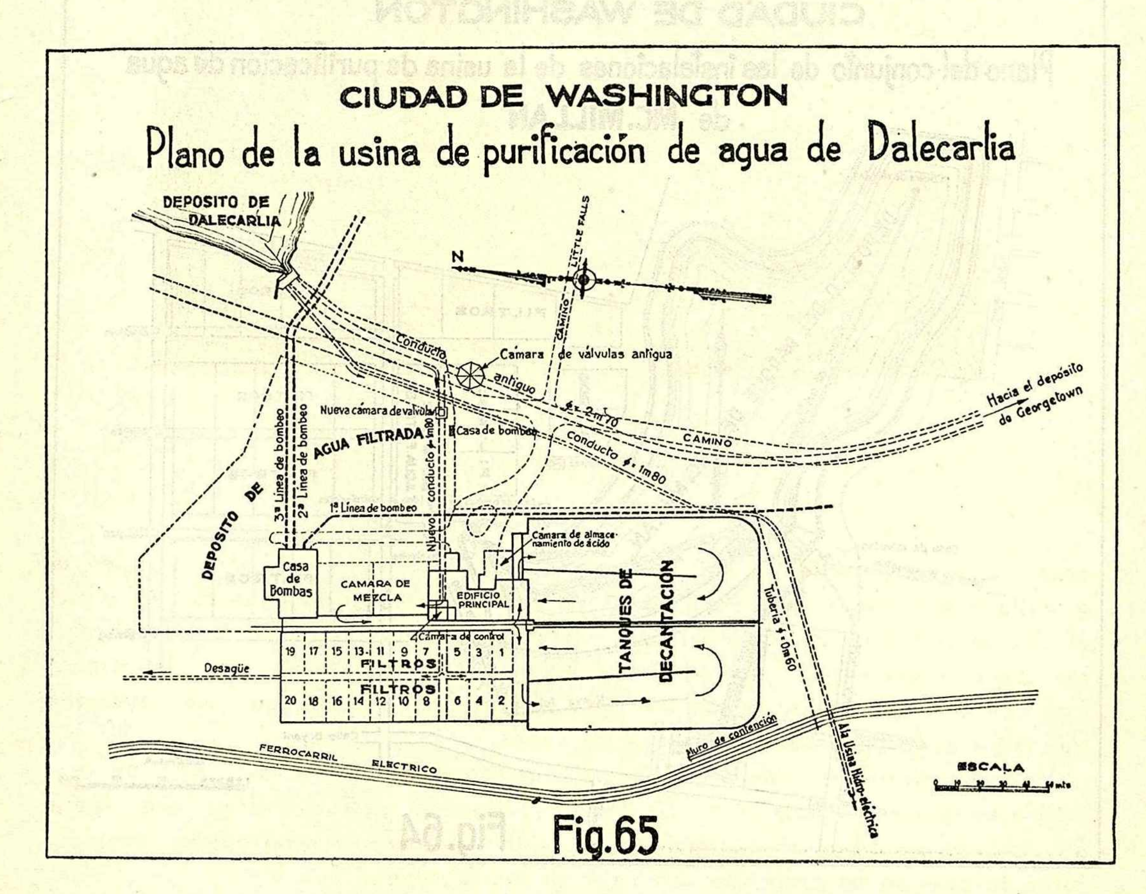


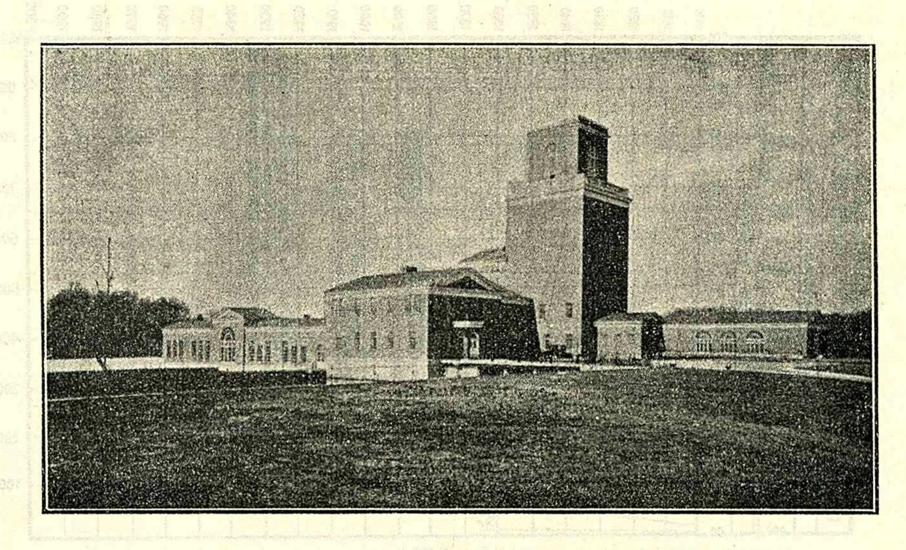
Fig.65

filtrantes, un depósito de agua filtrada y una estación de bombeo. El grabado, Fig. 66, muestra la fachada principal de esta usina.

La cámara de mezcla, del tipo conocido por los ingenieros norteamericanos con el nombre de "around the end", está dividida en canales por medio de tabiques verticales dispuestos de tal manera que una extremidad toca en uno de los paramentos de la cámara quedando la otra retirada del paramento opuesto con el objeto de que el agua pueda pasar de un lado al otro de cada uno de ellos, es decir, de un canal a su inmediato. Los tabiques de la usina de Dalecarlia son de madera.

Los tanques de decantación están divididos longitudinalmente por un tabique no paralelo a los muros longitudinales, disposición que se ha juzgado beneficiosa. El período de sedimentación varía de 3 a 6 horas.

Los lechos filtrantes han sido construídos de acuerdo con las normas norteamericanas más generalizadas, pero la red de drenaje ordinaria ha sido sustituida por un falso fondo formado de tablones o planchas de pino de 25 mm. de espesor, colocadas horizontalmente unas inmediatas a las otras, dejando



(FIG. 66)

Ciudad de Washington. — Vista general de la usina de Dalecarlia.

entre sí una separación o luz de 25 mm., que constituye el soporte de la gravilla y la parte superior del canal en donde se recoje el agua filtrada y por el que se introduce el agua de limpieza de los lechos. El área de las aberturas entre tablones sería equivalente al 40 °/ₒ del área ocupada por la arena. Los aparatos controladores son del tipo 'Simplex" equipados con aparatos indicadores de caudales y pérdidas de carga.

El depósito de agua filtrada tiene una capacidad de 57 000 m.^{3}. Se extiende en parte por debajo de los lechos filtrantes, prolongándose por fuera del edificio en un depósito cubierto por una plancha de hormigón armado, sobre la cual se ha colocado una capa de tierra vegetal.

Las instalaciones electro-mecánicas de bombeo de la usina de Dalecarlia son la última palabra de la ingeniería estadounidense en la materia. Todas las bombas son centrífugas acopladas directamente a motores eléctricos, habiéndose instalado bombas de distintas capacidades para poder hacer frente económicamente a las necesidades de la población. Las instalaciones eléctricas: transformadores, tableros y aparatos registradores e indicadores, están agrupados en uno de los frentes de la sala de máquinas.

Anexada a la usina de Dalecarlia se ha construído una pequeña usina hidro-eléctrica que tiene dos turbinas de 1500 kW. que utilizan el exceso de agua que conducen las canalizaciones de aducción. Las curvas de la Fig. 67, construídas de acuerdo con los originales confeccionados por los técnicos que tienen a su cargo el servicio de provisión de agua potable de Wáshington,

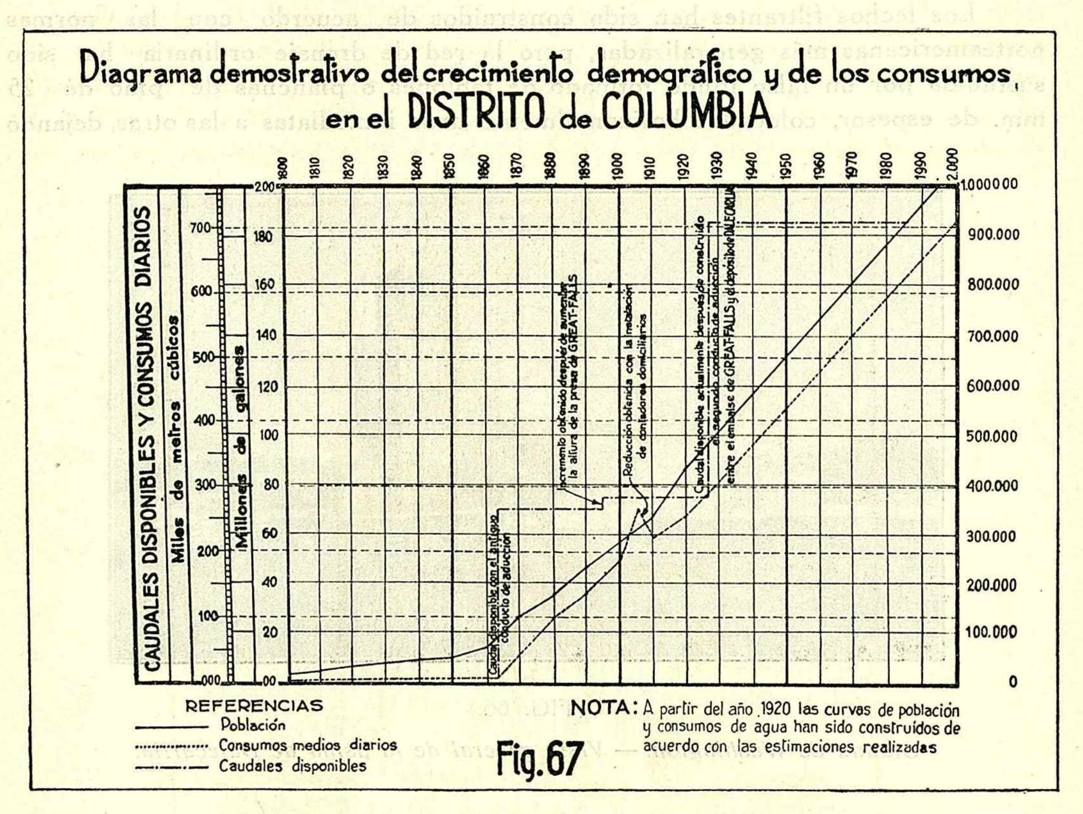


Fig. 67

permiten apreciar los caudales utilizados en dicha usina generadora. Las turbinas tienen directamente acoplados los generadores. La usina hidro-eléctrica se controla desde la usina de filtración por medio de dispositivos eléctricos.

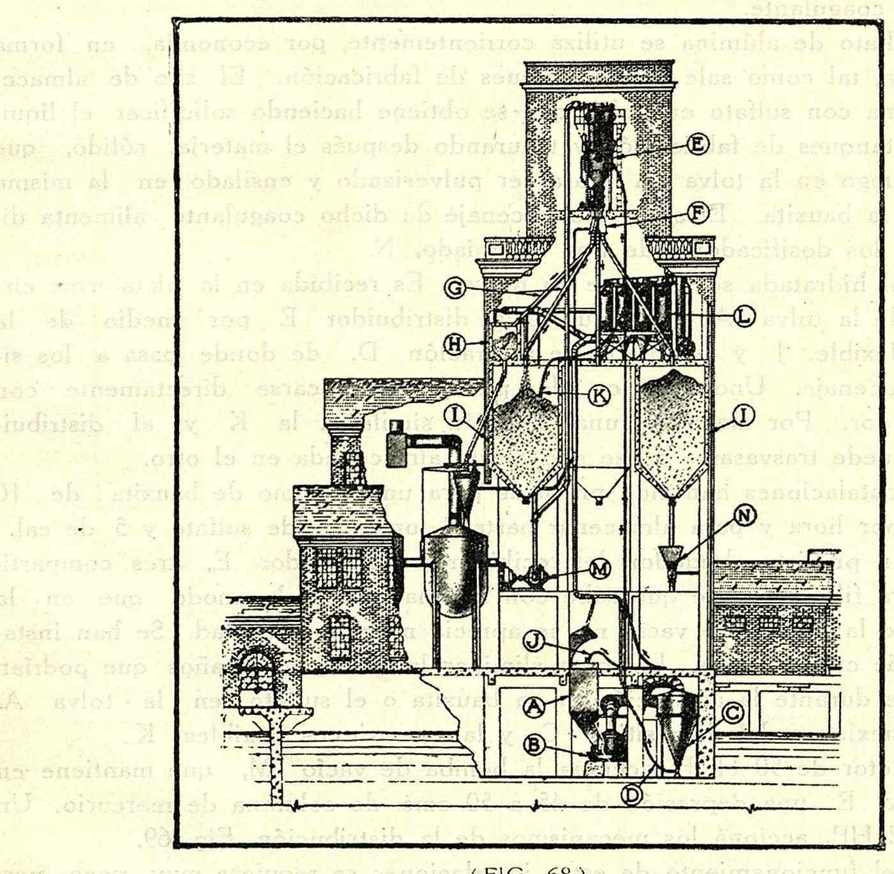
Antes de seguir adelante creemos conveniente llamar la atención sobre la curva de consumos de la Fig. 67 y la reducción de los consumos que ella pone de manifiesto, debida a la colocación de contadores en todos los servicios conectados a la red de distribución de agua de Wáshington y sus alrededores.

El coagulante usado en la usina de Dalecarlia es el sulfato de alúmina, que se fabrica en la misma usina por medio de bauxita y ácido sulfúrico. La

bauxita proviene de diversos Estados del centro y medio-Oeste del país y el ácido proviene de diversas fábricas de los Estados vecinos.

Las instalaciones para el acopio de la bauxita, del sulfato elaborado y de la cal hidratada, usada para la coagulación del agua bruta y la corrección de la concentración de hidrógeno (pH) del agua filtrada, para destruir su agresividad, son muy modernas y se describen a continuación por ser una de las más perfeccionadas de los Estados Unidos de Norte América en la actualidad.

El cuerpo elevado del edificio tiene una planta cuadrada dividida aproximadamente en nueve compartimentos de igual área con el objeto de establecer ocho celdas, destinadas a silos, alrededor de una celda central utilizada para caja de las escaleras de servicio y el tubo principal del aparato elevador neumático. En la parte superior de esa torre y sobre el nivel de los silos, se emplazó un aparato para distribuir los materiales en ellos, por gravitación, por medio de cañerías. De los ocho silos, cinco se han destinado a la bauxita, que es la principal materia prima utilizada para la preparación del sulfato de alúmina y el material que debe acopiarse en mayores volúmenes; de los tres



(FIG. 68)

Ciudad de Washington. — Corte de la instalación para el almacenamiento de los coagulantes de la usina de Dalecarlia.

restantes, uno ha sido destinado a sulfato elaborado y los otros dos a la cal hidratada.

El corte esquemático Fig. 68 permite apreciar el funcionamiento de las instalaciones mecánicas. La bauxita es descargada directamente de los camiones a una tolva A, de donde pasa luego por gravedad a una rompedora B, de donde una vez pulverizada pasa a través de una canalización especial, del dispositivo C y de la tubería D, al aparato recibidor y distribuidor E, por medio del vacío. Este aparato E tiene en su parte inferior tres bocas de salida regulables y el dispositivo distribuidor propiamente dicho F, por medio de los cuales y las cañerías G, se puede hacer pasar la bauxita al silo alimentador H o a los silos de almacenaje I.

Si se desea hacer pasar la bauxita acopiada en estos silos I al silo H, se usa la tubería flexible K que se empalma a la tubería de aspiración D. El material será aspirado y conducido al distribuidor B, de donde pasará al silo H, en la forma ya descripta.

De ese silo alimentador H la bauxita pasa a las tolvas de una balanza de dosificación y de allí a los tanques de ácido sulfúrico caliente, donde se prepara el coagulante.

El sulfato de alúmina se utiliza corrientemente, por economía, en forma semi-líquida, tal como sale de los tanques de fabricación. El silo de almacenaje se llena con sulfato en polvo que se obtiene haciendo solidificar el líquido en los tanques de fabricación y triturando después el material sólido, que se arroja luego en la tolva A para ser pulverizado y ensilado en la misma forma que la bauxita. El silo de almacenaje de dicho coagulante alimenta directamente los dosificadores de tipo apropiado, N.

La cal hidratada se adquiere en polvo. Es recibida en la plataforma circundante de la tolva A y conducida al distribuidor E por medio de la conexión flexible J y la tubería de aspiración D, de donde pasa a los silos de almacenaje. Uno de estos silos puede comunicarse directamente con un dosificador. Por medio de una conexión similar a la K y el distribuidor E, puede trasvasarse a ese silo la cal almacenada en el otro.

Las instalaciones han sido previstas para un consumo de bauxita de 10 toneladas por hora y para almacenar hasta 8 toneladas de sulfato y 5 de cal.

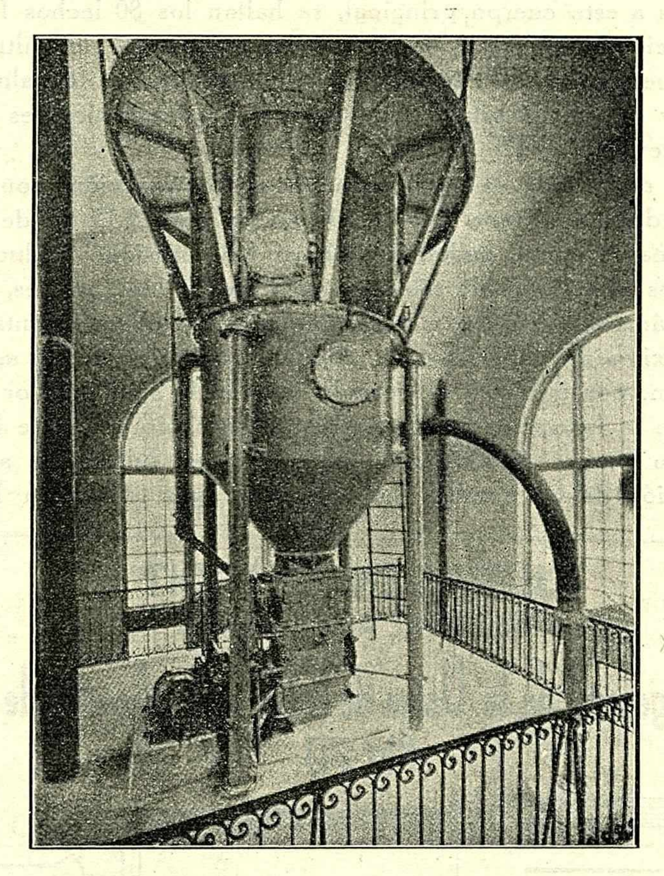
Se han previsto alrededor del recibidor y distribuidor E, tres compartimentos para filtrar el aire que sube con los materiales, de modo que en la descarga de la bomba de vacío no se aprecia ninguna suciedad. Se han instalado además cuatro filtros L, para eliminar los cuerpos extraños que podrían introducirse durante la aspiración de la bauxita o el sulfato en la tolva A, por las conexiones del dispositivo C y las conexiones flexibles K.

Un motor de 50 H. P. acciona la bomba de vacío M, que mantiene en el recibidor E una depresión de 45 a 50 cms. de columna de mercurio. Un motor de 2 HP. acciona los mecanismos de la distribución, Fig. 69.

Para el funcionamiento de estas instalaciones se requiere muy poco personal y los gastos de explotación son reducidos. La fotografía Fig. 69 permite apreciar la limpieza que reina alrededor de ellas, cuando están en funcionamiento.

Completan las instalaciones de la usina descripta los laboratorios para análisis químicos y bacteriológicos, emplazados en el primer piso alto del cuerpo principal del edificio. Dichos laboratorios están espléndidamente montados y en ellos se realizan los análisis diarios de control.

El conjunto de las instalaciones de la usina de Dalecarlia es muy interesante, constituyendo ese establecimiento en la actualidad, uno de los más completos y mejor construídos dentro de su género en los Estados Unidos de Norte América.



(FIG. 69)

Ciudad de Washington. — Vista del distribuidor del dispositivo para el almacenamiento de coagulantes en la usina de Dalecarlia.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Detroit

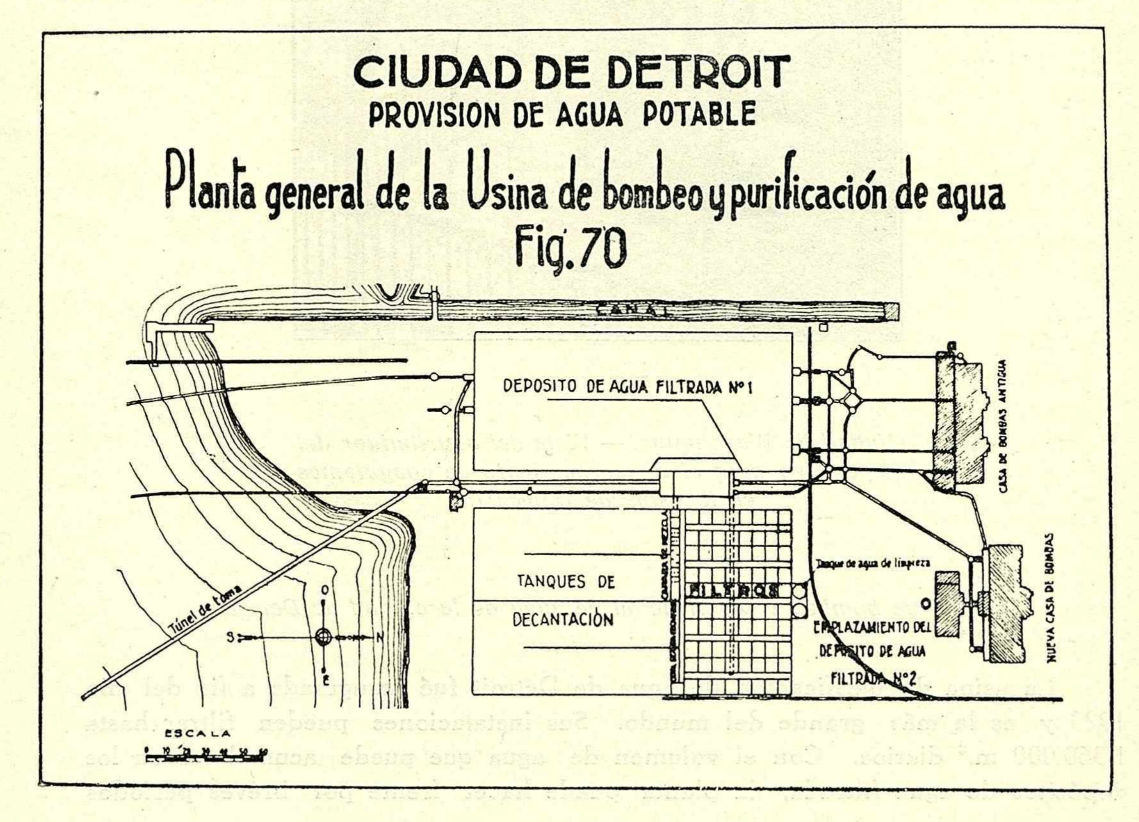
La usina de purificación de agua de Detroit fué inaugurada a fin del año 1923 y es la más grande del mundo. Sus instalaciones pueden filtrar hasta 1.360.000 m.^{3} diarios. Con el volumen de agua que puede acumularse en los depósitos de agua filtrada, la planta puede hacer frente por breves períodos

de tiempo, a picos de consumo equivalentes a 1.700.000 m.[3] diarios. Dicha usina ocupa un área rectangular de 246.85 m. por 285.58 m.

Las instalaciones de filtración propiamente dichas se han construído dentro de un macizo de edificación que cubre un área de 146.30 m. de ancho por 246.85 m. de largo. La entrada de este vasto edificio está emplazada en el centro del lado norte, donde se levanta un cuerpo principal de tres pisos, en el que se han emplazado las oficinas, los laboratorios químicos y bacteriológicos y los tanques del agua destinada a la limpieza de los filtros. Hacia el sur e inmediatos a este cuerpo principal, se hallan los 80 lechos filtrantes, que ocupan un espacio de 146.30 m. por 82.30 m. Al sur de los filtros se hallan la cámara de mezcla de los coagulantes, el departamento de almacenamiento de los mismos y sus dosificadores, y al sur de estas reparticiones los dos tanques de decantación, Fig. 70

La cámara de mezcla es muy reducida en comparación con las de otras instalaciones modernas. Tiene 5.49 m. de ancho por 73.15 m. de largo. Está cubierta en su mayor parte, pudiendo trabajar bajo presiones reducidas si fuera necesario. Series alternadas de tabiques verticales y horizontales, colocados a lo largo de la cámara, permiten mezclar íntimamente el agua bruta con el coagulante. Al máximo de capacidad, la velocidad aproximada del agua en la cámara es de 27 m. por minuto y el período de mezcla algo inferior a 3 minutos.

Después de la inauguración de la planta se comprobó que la cámara de mezcla era poco eficaz, resolviéndose introducir el sulfato de alúmina en el pozo de aspiración de las bombas que elevan el agua del río a la cámara de



mezcla, para obtener una violenta agitación inicial en esas bombas, seguida de un largo período de agitación menos intensa en dicha cámara. La modificación dió resultados satisfactorios.

En el espacio disponible sobre la cámara de mezcla y el canal de agua decantada, fué construído un entrepiso para almacenar coagulantes y en el extremo oeste de esa plataforma se construyó un cuerpo de tres pisos donde están emplazados los silos, de donde se alimentan las máquinas de dosificación con el coagulante en seco. Se dispone de espacio suficiente para almacenar el sulfato de alúmina necesario para tres meses de funcionamiento. Los dos silos existentes tienen una capacidad suficiente para alimentar la planta durante 48 horas contínuas, permitiendo que los operadores de los turnos de las noches y de los días festivos no tengan que ocuparse de la manipulación del coagulante. Se han instalado además otros cinco silos por si en el futuro se deseara usar sulfato de hierro y cal, en sustitución del sulfato de alúmina.

El sulfato de alúmina llega a la usina en partidas de 40 toneladas, en sacos de 90 Kg aproximadamente, que son llevados por dispositivos mecánicos a los silos y a los locales de almacenaje.

Hay dos tanques de decantación que cubren una superficie de 146.30 m. de ancho por 160,02 m. de largo y tienen una capacidad de 113.550 m.^{3}. El período de sedimentación es de 2 horas, cuando los filtros trabajan al máximo de velocidad. Cada tanque de decantación está dividido parcialmente por un tabique longitudinal, de modo que el agua al atravesarlos recorre a reducida velocidad una distancia igual a dos veces la longitud de los mismos. Sus fondos tienen pendientes hacia determinados puntos bajos, donde se han emplazado válvulas de fondo. Durante las limpiezas, el agua y el barro son descargados a los colectores a través de esas válvulas.

Los tanques de decantación son cubiertos, para prevenir los efectos de las bajas temperaturas en los inviernos. Un sistema de pies derechos y cerchas metálicas sostienen las cubiertas, que hacen juego con el resto de las estructuras y dan al conjunto un agradable aspecto

Entre los estanques de decantación y los filtros corre el canal principal de agua decantada, del que parten ramales normales que alimentan individualmente una doble fila de 8 filtros cada una.

Cada uno de los 80 lechos filtrantes tiene un área efectiva aproximada de 101.00 m.^{2}. Están emplazados a ambos lados de cinco galerías de tubos, sobre las cuales corren otros tantos corredores, donde están emplazadas las mesas de operaciones. Cada lecho tiene una capacidad de filtración aproximada de 15.100 m.^{3} en 24 horas, a una velocidad de 150 m.^{3} por metro cuadrado y día, y una capacidad de 16.900 m.^{3} en 24 horas, a una velocidad de 168 m.^{3} por metro cuadrado y día. Los filtros están cubiertos con un techo similar al de los tanques de decantación, habiéndose previsto lucernarios para asegurar la iluminación y la ventilación necesarias.

El material filtrante está constituído por una capa de 43 cm. de espesor de gravilla, de tamaño variable entre 5 cm. en la parte inferior y 2 mm. en la superior, y una capa de 76 cm. de espesor de arena, que tiene un tamaño

efectivo variable de 0.35 mm. a 0,45 mm. y un coeficiente de uniformidad de 1,6 a 1,7.

El sistema de drenaje de cada filtro está compuesto de tubos laterales de fundición, de 50 mm. de diámetro, distantes 15 cm. de eje a eje, que descargan en un ramal principal central de 230 mm. de diámetro, que a su vez decarga en dos colectores principales de 50 cm. de diámetro, parcialmente embutidos en hormigón. En los colectores principales, ramales principales y tubos laterales, van enroscados coladores de bronce, del tipo de hongo o paraguas, usado entre nosotros, distantes uno de otro 15 cm.

Las canaletas de descarga del agua de limpieza de los filtros, son de fundición. Tienen 10.36 m. de largo y se extienden desde los muros opuestos a los canales alimentadores y recolectores situados al frente de los lechos, hasta dichos canales. Esas canaletas están colgadas en su parte central de vigas transversales de hormigón armado que constituyen un sistema de pasarelas sobre los lechos, que facilitan las operaciones

Las llaves de gobierno de las distintas canalizaciones de cada lecho, se operan separadamente desde una mesa situada a su frente, sobre la galería de tubos respectiva. Las llaves son accionadas hidráulicamente, salvo las de mayor diámetro, que son accionadas eléctricamente. El agua, al salir de cada filtro, pasa a través de un controlador enlazado a la tubería, que la conduce al canal principal de agua filtrada, canal que atraviesa el edificio de este a oeste, y la lleva, pasando por la extremidad norte del local de las bombas de agua bruta, a los depósitos de almacenaje.

Todos los canales de alimentación de los filtros son de hormigón y al proyectarlos se trató de conducir el agua decantada con la menor perturbación posible, para prevenir la destrucción de los coágulos que pudieran ser arrastrados por dicha agua, con el objeto de no reducir la eficacia de los filtros.

Los depósitos de agua de limpieza son alimentados regularmente por medio de una bomba centrífuga de eje vertical, capaz de elevar por medio de una tubería de 50 cm. de diámetro, hasta 45.400 litros por minuto. Hay además una tubería auxiliar de alimentación, derivada de la tubería de impulsión a la ciudad.

El agua usada procedente de las limpiezas de los lechos, es bombada hacia el río por medio de una bomba centrífuga de eje vertical capaz de elevar unos 49.200 litros por minuto, por medio de una tubería de 45 cm. de diámetro. Esa bomba puede desconectarse en caso necesario, haciéndose el desagüe por gravitación.

El depósito de agua filtrada N.° 1 tiene 109.73 m. de ancho por 246.85 m. de largo y una profundidad máxima de 5.11 m. El depósito lleno contiene 132.000 m.^{3}, aproximadamente. Los muros son de hormigón simple y el fondo y el techo están constituídos por losas planas de hormigón armado sin nervaduras o vigas, armadas en tres sentidos, que se apoyan en columnas de igual material, distantes 6.00 m. de centro a centro, distribuídas formando triángulos equiláteros.

El depósito N.° 2 ocupa el espacio comprendido entre el edificio principal y el local de las bombas que elevan el agua a la ciudad. Es una estruc-

tura de hormigón, de forma irregular, que tiene aproximadamente 145.00 m. por 92.96 m. y una profundidad máxima de 5.49 m.

Los techos de los depósitos de agua filtrada están cubiertos con una capa de tierra de 60 cm. de espesor, que se ha sembrado con el fin de que constituyan una parte adicional del parque que rodea los edificios.

En un local apropiado, sobre uno de los lechos filtrantes del lado oeste, se han dispuesto las instalaciones necesarias para tratar con cloro gaseoso el agua filtrada en la canalización colectora principal, antes de su llegada a los depósitos. Cada clorador tiene una capacidad diaria de unos 136 Kgs.

Se ha previsto otra instalación para aplicar cloro al agua bruta en la cámara de vertedero situada en el extremo norte del local en que se hallan emplazadas las bombas proveedoras o del agua bruta. Esa cámara puede comunicarse con los túneles de las bombas que elevan el agua filtrada a la ciudad, de modo que sería posible elevar a ella agua del río sin filtrar pero clorada, en caso de emergencia.

El canal colector principal del agua filtrada termina en dos vertederos construídos en forma tal, que cuando el volumen elevado por las bombas a la red de distribución, en la unidad de tiempo, supera al que descargan los filtros, prácticamente toda el agua que sale de ellos descarga sobre el vertedero que comunica con el túnel de alimentación de las bombas, extrayéndose de los depósitos de agua filtrada el volumen en falta. Por lo contrario, cuando el volumen efluente de los filtros supera al que elevan las bombas, el agua se descarga sobre los dos vertederos llenándose los depósitos de agua filtrada con la cantidad excedente. Esta disposición permite una marcha uniforme de los filtros y que las bombas trabajen con una carga constante de elevación

En la usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Detroit, se realizan todos los ensayos necesarios para controlar cada uno de los tratamientos que recibe el agua. Se realizan además en ella, los análisis y ensayos de los materiales que se utilizan: combustibles, lubrificantes, cementos, pinturas, etc.

Este establecimiento está a cargo de técnicos de gran reputación en los Estados Unidos de Norte América, a quienes se deben algunos de los trabajos de investigación más importantes en materia de filtración de aguas, producidos en estos últimos tiempos; a los que tendremos ocasión de referirnos en el Capítulo IV de este informe.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Búfalo

La ciudad de Búfalo tiene unos 590.000 habitantes y desde el año 1926 cuenta con una usina de filtración de agua, que el informante tuvo ocasión de visitar. La fuente del abastecimiento es el Lago Erie, estando la toma emplazada en dicho lago al comienzo del llamado río Niágara, en un paraje donde la profundidad media es de unos 8.50 m. La torre de toma tiene doce entradas iguales, de sección cuadrada, de 1.80 m de lado, colocadas a unos 6.00 m. bajo el nivel medio del lago. Desde la torre de toma hay un túnel que permite la conducción del agua hasta un paraje próximo a la orilla del lago. El

túnel tiene unos 2 Km. de longitud y 3.66 m. por 3.50 m. Fué construído en la roca a una profundidad aproximada de 19.80 m. bajo el nivel medio del lago La roca ha sido revestida con una capa de hormigón. La toma y el túnel permiten la conducción de 1 700 000 m ^{3} por día. Desde la orilla del lago hasta las bombas que llevan el agua a los tanques de decantación, hay una galería de 3.65 m. por 3.65 m. y 200.00 m. de longitud.

Cinco bombas centrífugas directamente accionadas por motores eléctricos, levantan el agua bruta. Las capacidades aproximadas de esas bombas, son 57.000, 114.000, 171.000, 285.000 y 285.000 m.^{3} por día y la altura de elevación 5 20 m.

Los estanques de sedimentación son cubiertos. Hay dos unidades de 61.00 m. por 91.00 m y 7 30 m. de profundidad, siendo el período de sedimentación de tres horas, para el caudal máximo que la planta puede tratar.

Los filtros son del tipo rápido, generalmente utilizado en los Estados Unidos de Norte América. Hay 40 unidades emplazadas a los lados de dos galerías, en filas de 10 lechos. Cada lecho ocupa una superficie de unos 16.00 m. por 10.00 m. Un canal central de evacuación divide cada lecho en dos partes, de modo que el área neta de cada filtro es de 136.00 m.^{2}, y su capacidad de filtración es de unos 16.000 m.^{3} por 24 horas, a la velocidad media normal de 117 m.^{3} por metro cuadrado cada 24 horas; siendo la capacidad total de la planta de 640.000 m.^{3} por día. El drenaje de los filtros está constituído por un entramado de tubos de fundición perforados. Los lechos están constituídos por cinco capas de gravilla de distinto tamaño superpuestas, con un espesor total de 40 cm. y una capa de 66 cm. de espesor, de arena de un tamaño efectivo comprendido entre 0.38 y 0.45 mm.

El agua utilizada en la limpieza de los filtros, proviene de dos tanques gemelos de hormigón armado, de planta circular, de 530 m.^{3} de capacidad total, construídos en el entrepiso superior de la torre central del edificio principal de la usina, donde están emplazadas las oficinas, laboratorios, etc Los tanques son descubiertos. Se llenan por medio de una bomba especial, pero en caso que esta bomba no funcionara, automáticamente se llenarían por medio de una derivación de la red de distribución

La planta de las instalaciones actuales ha sido dispuesta de modo que cuando las necesidades lo exijan, podrán construirse los estanques de sedimentación necesarios y 40 filtros más para duplicar la capacidad de la usina.

El depósito de agua filtrada ha sido construído bajo los lechos filtrantes actualmente en servicio con una parte adicional emplazada en el lugar destinado a los filtros a construirse en el futuro, que quedará debajo de ellos. La capacidad total es de 68 130 m.^{3}.

Una característica particular de la usina de Búfalo es la serie de aparatos de control con que ha sido dotada El agua bruta elevada por las bombas se mide por medio de 2 tubos Venturi gemelos, de 1,82 m por 1,22 m , colocados en las tuberías de descarga. El agua filtrada se mide por un Venturi de 3.66 m por 1 82 m. instalado en la tubería que conduce el agua a las bombas emplazadas en el local conocido por Ward Station. Hay un Venturi en cada una de las dos tuberías de conducción del agua de lavado a los filtros y

otro en la tubería que permite conducir el agua de la distribución a los tanques de agua de lavado, en los casos en que no funcionara la bomba de alimentación, ya mencionada Hay aparatos indicadores y registradores del nivel del agua en el conducto del agua bruta, en los estanques de decantación y en los distintos compartimentos del depósito de agua filtrada. Para facilitar las operaciones, la mayoría de los aparatos de control han sido emplazados en un local especial, llamado "sala de control".

Cada filtro tiene su controlador que puede ser regulado individualmente o conjuntamente con los diez y nueve restantes de la misma galería en que se halla emplazado, por medio de un controlador maestro ubicado sobre el piso de la galería En la sala de control hay otros dos controladores maestros principales. Por medio de uno de estos aparatos se regulan los veinte lechos de una galería y si se deseara podrían regularse los 40 filtros simultáneamente. Las mesas de control de cada filtro son del tipo corriente. Cada mesa está equipada con las cinco llaves usuales, un aparato indicador de caudales y de pérdidas de carga, con registrador semanal, y un dispositivo totalizador del agua filtrada entre dos lavados consecutivos

Una característica más de esta usina la constituyen las dos esferas luminosas de 76 cm de diámetro, que hay en cada galería de operación de los filtros, a unos tres metros de altura, destinadas a indicar el caudal de agua de lavado usada en la unidad de tiempo para la limpieza de un lecho y el nivel del agua en los dos tanques gemelos que la suministran, por medio de las cuales se regulan las operaciones de limpieza de los filtros.

En Búfalo se usa como coagulante el sulfato de alúmina en forma seca. Se agrega en la aspiración de las bombas que elevan el agua bruta a los estanques de decantación, efectuándose la mezcla en las bombas y en la tubería de conducción a los estanques, que tiene 23.80 m. de longitud.

El agua filtrada es clorada en los conductos que la llevan a las bombas que la elevan a la ciudad, emplazadas en los locales conocidos por Ward Station y Massachusetts Avenue Station.

La usina de Búfalo tiene un laboratorio muy bien montado y en él se hacen todos los ensayos y análisis de las muestras de agua extraídas en la usina y en las otras dependencias del abastecimiento y los ensayos de los materiales utilizados en la explotación del servicio.

La planta ha funcionado siempre con mucha eficacia produciendo un agua de turbidez cero y reducido contenido bacteriano, pero en general, durante los meses calurosos (Julio, Agosto y Setiembre) la eficacia de los filtros se aminora, pues en esos meses las aguas del lago Erie casi no tienen turbidez, siendo muy difícil producir coágulos pesados con el sulfato de alúmina, a no ser que se usaran dosis muy elevadas o se agregara al agua bruta tierra arcillosa, como se ha hecho experimentalmente. Por la razón apuntada y por la alta temperatura del agua, que favorece la propagación de las bacterias, los resultados de los análisis bacteriológicos acusan en esos meses un descenso de la eficacia normal de los filtros.

Los períodos de funcionamiento entre dos lavados de cada filtro varían entre 15 y 51 horas. Los períodos cortos coinciden en Primavera, con la con-

clusión de los deshielos y en Otoño, cuando el lago comienza a aumentar de nivel, dos épocas en que el agua bruta arrastra consigo gran cantidad de micro - organismos que no sedimentan en los tanques de decantación, haciéndolo sobre los lechos filtrantes, obstruyéndol s rápidamente. Según el Químico - Jefe de la planta, la pre - cloración no habría dado los resultados deseados para anular la acción de esos micro - organismos

No se han experimentado graves inconvenientes originados por las bolas de barro en los filtros, que se destruyen habitualmente por medio de rastrillos especiales En esta instalación se ha comprobado que durante el verano conviene aumentar la ve!ocidad del agua de lavado, con lo que se mejoran las condiciones de los lechos.

Se han registrado a veces quejas sobre el mal gusto y olor del agua, originado por la cloración, pues el agua del lago Erie contiene a veces fénoles en solución. Se han ensayado algunos de los métodos utilizados en otras localidades, pero se han juzgado poco satisfactorios y dispendiosos, habiéndose considerado más eficaz controlar las causas de contaminación del lago y suprimirlas.

Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Toronto

La usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Toronto es un establecimiento con instalaciones capaces de elevar y tratar diariamente 450 000 m.^{3} de agua bruta del Lago Ontario.

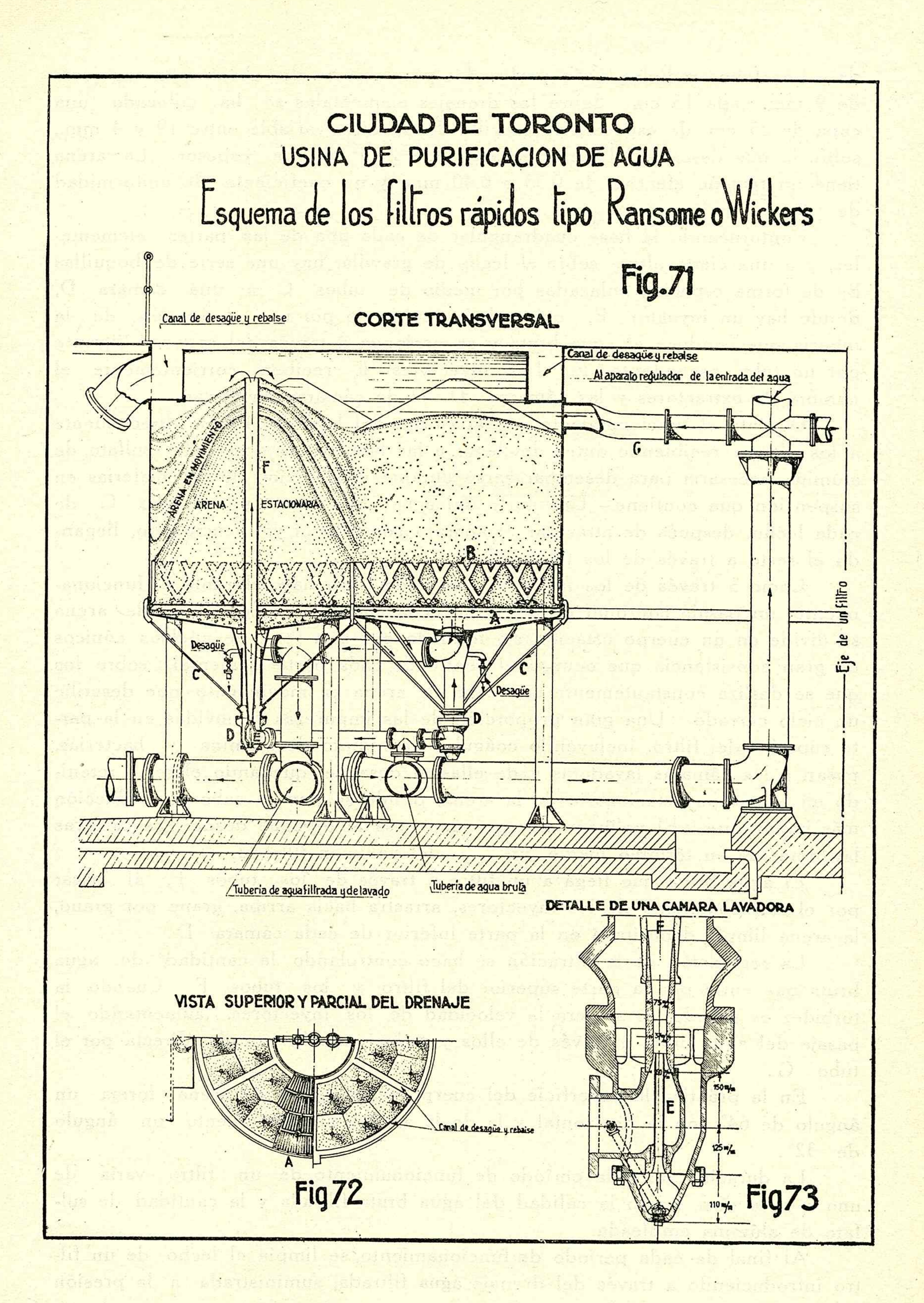
El 60 °/₀ del volumen medio diario de agua consumida por la población (360 000 m ^{3} aproximadamente) sufre una simple filtración a través de filtros de arena del tipo inglés o lentos y es clorado al pasar al depósito de agua filtrada; el resto es filtrado antes de la cloración en filtros rápidos del tipo "Ransome" o "Wickers", de arena parcialmente móvil.

Como los filtros lentos son similares a otros descriptos en este informe, a continuación se consignarán solamente los detalles del funcionamiento de los filtros rápidos y se harán algunas consideraciones sobre la forma en que se realiza la cloración del agua, que presenta ciertas particularidades especiales.

Los diez filtros "Ransome" o "Wickers" fueron construídos dentro de un amplio local, en dos filas de cinco unidades.

Cada filtro, Figs. 71 a 73, está encerrado en un recipiente de palastro, de planta anular, que tiene 15.20 m. de diámetro exterior y 4.26 m. de alto. En el espacio central y en la parte superior, está colocado un dispositivo destinado a controlar la cantidad de agua bruta que penetra al filtro por encima del lecho de arena.

Cada filtro está dividido, por así decirlo, en 30 divisiones o partes elementales dispuestas en dos anillos concéntricos, cada una de las cuales constituye una parte casi independiente dentro del conjunto, contando con una red de drenaje y una tubería de descarga de agua filtrada, un extractor de arena y una cámara lavadora propios La red de drenaje A de cada parte elemental, está constituída por tubos radiales de 37 mm. de diámetro, enlazados a un colector, que está conectado a su vez a la tubería de descarga del agua filtra-


CIUDAD DE TORONTO
USINA DE PURIFICACION DE AGUA
Esquema de los filtros rápidos tipo Ransome o Wickers
Fig.71
CORTE TRANSVERSAL
Canal de desagüe y rebalse
Canal de desagüe y rebalse
Al aparato regulador de la entrada del agua
ARENA EN MOVIMIENTO
ARENA
ESTACIONARIA
F
G
B
A
C
C
D
D
E
Desagüe
Desagüe
Eje de un filtro
Tubería de agua filtrada y de lavado
Tubería de agua bruta
DETALLE DE UNA CAMARA LAVADORA
VISTA SUPERIOR Y PARCIAL DEL DRENAJE
Canal de desagüe y rebalse
A
Fig72
F
E
150 m/m
125 m/m
110 m/m
Fig73

da. Los tubos radiales están perforados por la parte de abajo con agujeros de 9 mm. cada 15 cm. Sobre los drenajes elementales se ha colocado una capa de 25 cm. de espesor, de gravilla de tamaño variable entre 19 y 4 mm., sobre la que descansa el lecho de arena de 2.75 m. de espesor. La arena tiene un tamaño efectivo de 0.35 a 0.40 mm. y un coeficiente de uniformidad de 1.6.

Contorneando la base cuadrangular de cada una de las partes elementales, y a una cierta altura sobre el lecho de gravilla, hay una serie de boquillas B, de forma especial, enlazadas por medio de tubos C a una cámara D, donde hay un inyector E, que trabaja accionado por una derivación de la tubería que conduce el agua bruta y se prolonga a través del material filtrante por un tubo ascendente F. Los inyectores E reciben corrientemente el nombre de extractores y las cámaras D el de cámaras lavadoras.

Durante el funcionamiento, el agua bruta del lago es elevada directamente a los filtros, recibiendo antes de llegar a las bombas la dosis de sulfato de alúmina necesaria para desembarazarse durante la filtración de las materias en suspensión que contiene. Una parte del agua bruta llega por el tubo G de cada lecho, después de atravesar el aparato controlador ya mencionado, llegando el resto a través de los tubos F.

Como a través de los tubos C de cada filtro hay durante el funcionamiento, un pasaje contínuo de arena hacia la cámara D, el lecho de arena se divide en un cuerpo estacionario formado por una serie de núcleos cónicos de gran consistencia que ocupan el centro de cada parte elemental, sobre los que se desliza constantemente una capa de arena en movimiento que describe un ciclo cerrado. Una gran proporción de las impurezas removidas en la parte superior del filtro, incluyendo coágulos de hidrato de alúmina y bacterias, pasan a las cámaras lavadoras y de ellas al desagüe, quedando el resto retenido en el cuerpo estacionario de la arena, donde se lleva a cabo la reducción más importante. El volúmen de agua que pasa al desagüe desde las cámaras lavadoras es en término medio, un 2 °/₀ del volúmen filtrado.

El agua bruta que llega a un filtro a través de los tubos F, al pasar por el estrechamiento de los inyectores, arrastra hacia arriba, grano por grano, la arena limpia depositada en la parte inferior de cada cámara D.

La regulación de la filtración se hace controlando la cantidad de agua bruta que entra por la parte superior del filtro y los tubos F. Cuando la turbidez es grande, se acelera la velocidad de los inyectores, aumentando el pasaje del agua bruta a través de ellos y reduciendo la entrada directa por el tubo G.

En la práctica la superficie del cuerpo estacionario de arena forma un ángulo de 64° con la horizontal y la de la arena en movimiento un ángulo de 32°.

La duración de cada período de funcionamiento de un filtro varía de uno a siete días, según la calidad del agua bruta filtrada y la cantidad de sulfato de alúmina empleada.

Al final de cada período de funcionamiento, se limpia el lecho de un filtro introduciendo a través del drenaje agua filtrada, suministrada a la presión

de 2.7 atmósferas, por un depósito de 900 m.^{3} de capacidad, igual al volúmen de agua utilizado en la limpieza de un lecho. La limpieza de un filtro dura 20 minutos, introduciéndose los primeros 450 m.^{3} en 15 minutos y el resto en los otros 5 minutos. Las aguas sucias escapan por una canaleta situada en la parte superior del filtro. Después de una limpieza se descargan a la cloaca las aguas filtradas durante los primeros 20 minutos de funcionamiento. La cantidad total de agua filtrada utilizada en la limpieza de los filtros es de 2 °/₀, como promedio anual.

La pérdida de carga inicial de un filtro es de 1.80 m. y la final 3.35 m.

Según los datos que hemos obtenido, cada filtro es capaz de tratar 27 000 m.^{3} de agua por día a la velocidad de 168 m.^{3} por metro cuadrado y día, superior, como se ve, a la corrientemente usada con los filtros rápidos del tipo generalizado en los Estados Unidos. Es condición esencial para un buen funcionamiento, agregar al agua bruta el sulfato de alúmina necesario.

La dosis media de ese coagulante es de 14.3 gramos por metro cúbico de agua tratada. En verano las dosis son algo mayores que en el resto del año. La reducción total de bacterias oscila alrededor del 86 °/₀.

Para terminar, diremos que los filtros descriptos trabajan a satisfacción desde el año 1918 en la usina de Toronto, habiendo permitido tratar eficazmente las aguas del Lago Ontario durante los períodos del invierno en que vienen con una turbidez elevada y una temperatura muy baja, que hacen difícil su tratamiento en los filtros lentos. Aunque su puesta en estado de régimen exigió un tiempo bastante largo, pues fué preciso seleccionar varias veces la arena y estudiar cuidadosamente las dosis de coagulante, se los juzga muy convenientes. Esos filtros permiten la supresión de la decantación preliminar que con otro tipo de filtros sería imprescindible, ventaja a la que se le concedió mucha importancia, por razones locales que no es del caso mencionar, cuando se decidió su adopción.

Toda el agua filtrada en la usina de purificación de la ciudad de Toronto es esterilizada por medio del cloro gaseoso. Pero como en la práctica se comprobó que la esterilización infundía al agua un gusto medicinal o a cloroformo, debido a los fénoles y otras sustancias provenientes de los desagües de las fábricas de gas y coke y de los establecimientos que utilizan creosota en sus operaciones, que se vierten en el Lago Ontario, sobre todo en los días en que reinan determinadas condiciones meteorológicas, la esterilización del agua filtrada se hace agregando cloro en dosis 3 o 4 veces mayores que las necesarias y neutralizando el exceso, o declorando, después de un período de contacto determinado, con anhidrido sulfúrico (SO^2). La supercloración seguida de la decloración, preconizada en Londres por Sir Alejandro Houston, fué adoptada en Toronto después de largos y cuidadosos ensayos y, a estar a los informes que nos fueron suministrados, ha dado excelentes resultados.

Como la disposición de las instalaciones permite que el período de contacto del cloro con las aguas filtradas provenientes de los filtros lentos sea de cuatro horas y cuarto, término medio, y el de las aguas filtradas de los filtros rápidos solo de una hora y cuarto, la práctica demostró que podría aplicarse a las primeras, dosis de cloro más reducidas, pero no se hace eso para evitar

inconvenientes en las tuberías de distribución, donde las aguas se mezclan. Normalmente la dosis usada es de 1 parte de cloro por millón de partes de agua, pero en días muy fríos se llega hasta 2 p. p. m.

Se ha observado que es necesario aplicar una cantidad de anhidrido sulfúrico mayor que la teóricamente necesaria para combinarse con el cloro. Ese exceso es de un 25 % aproximadamente. Para la aplicación del anhidrido sulfúrico se utilizan aparatos similares a los utilizados para aplicar el cloro gaseoso.

A continuación se consignan algunas de las importantes verificaciones realizadas en la usina de Toronto respecto a la supercloración y decloración del agua del Lago Ontario, para destruir el gusto y olor medicinal o a cloroformo que el cloro puede desarrollar en ella.

a) Los productos de la destilación de la hulla y algunas sustancias provenientes de la descomposición de materias orgánicas infunden al agua clorada sabor y olor desagradables. *b)* La formación de los compuestos cloro-fenolados perjudiciales puede ser impedida con la supercloración y decloración. *c)* Se necesita un tiempo de contacto mínimo para que el proceso sea eficaz, variable según el contenido de las materias que dan origen al sabor y al olor. *d)* Aumentando la dosis de cloro dentro de ciertos límites, puede reducirse el tiempo de contacto. *e)* Si se emplearan dosis de cloro insuficientes no se conseguiría anular el sabor y el olor del agua agregando más cloro a posteriori, pues una vez producidos el mal sabor o el olor, no desaparecen; aconsejándose el empleo de altas dosis de cloro donde sean posibles las avenidas repentinas de sustancias que puedan producir sabor y olor. *f)* Debe agregarse el anhidrido sulfúrico necesario para remover toda traza de cloro residual. *g)* La supercloración y decloración exijen un control severo para determinar las dosis necesarias de cloro y anhidrido sulfúrico y no exagerar los gastos. *h)* Deben tomarse precauciones para mantener la presión en los cilindros o botellones de anhidrido sulfúrico si se requieren grandes cantidades para el tratamiento.

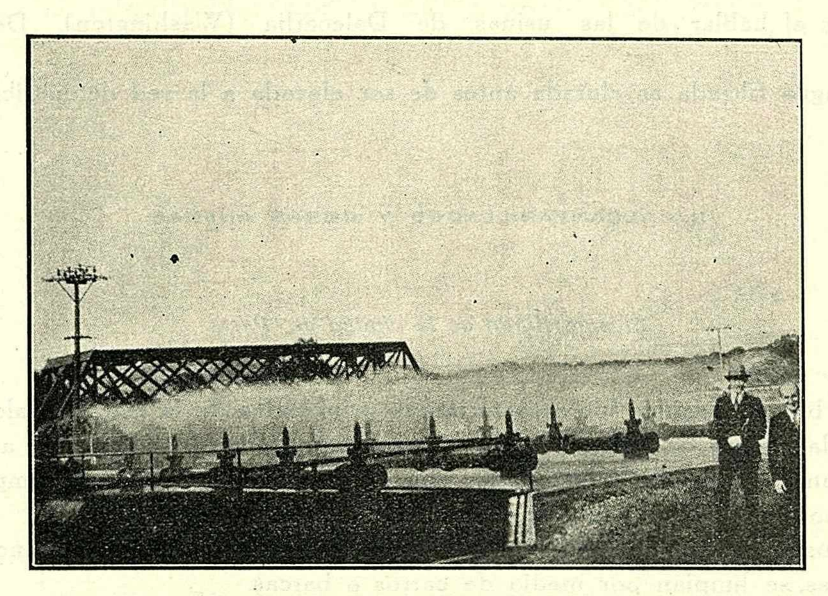
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Olean

Las figuras, 74 y 75, representan el dispositivo de aeración y una vista de la sala de filtros de la usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Olean, pequeña población del estado de Nueva York, que el informante tuvo ocasión de visitar.

En dicho establecimiento se tratan las aguas provenientes de un pequeño río, las que contienen hierro en moderada proporción, el que se elimina por medio de la aeración y la filtración rápida sobre lechos de arena.

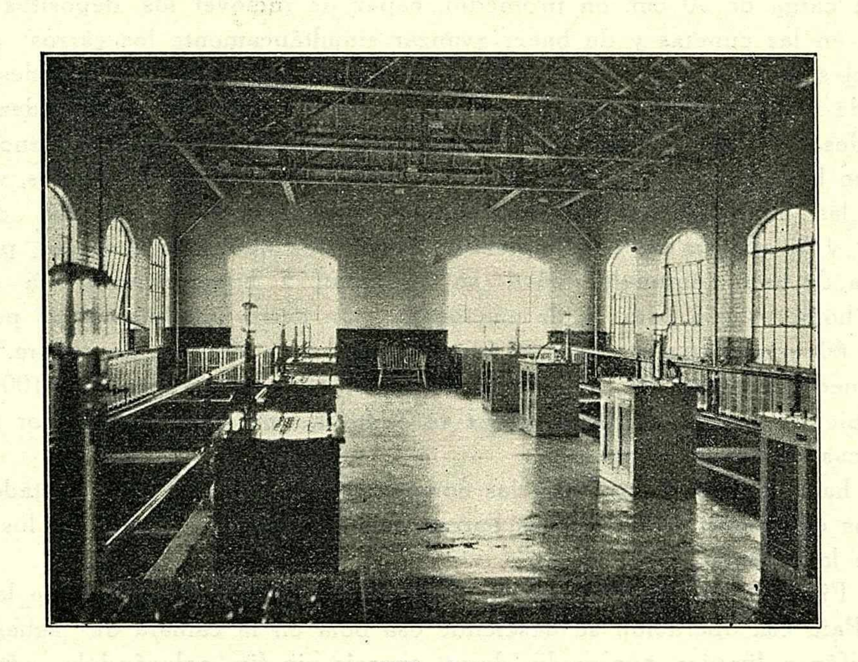
El dispositivo de aeración consiste en una bandeja o recipiente de reducida profundidad, que recoge el agua bruta elevada por las bombas proveedoras y que es arrojada sobre ella a través de pulverizadores de gran tamaño, montados sobre una red de tuberías de fundición.

El efluente del dispositivo de aeración es enseguida filtrado, previa coagulación y decantación, en filtros rápidos, de características similares a los



(FIG. 74)

Ciudad de Olean. — Vista de las instalaciones de aereación de la usina de purificación de agua.



(FIG. 75)

Ciudad de Olean. — Vista interior de la sala de filtros de la usina de purificación de agua.

descriptos al hablar de las usinas de Dalecarlia (Washington), Detroit y Búfalo.

El agua filtrada es clorada antes de ser elevada a la red de distribución.

II. — ALCANTARILLADOS Y OBRAS ANEXAS

Alcantarillado de la ciudad de París

Son bien conocidas las características principales de la red de alcantarillado de la ciudad de París, por cuya causa el informante se limitará a reproducir algunas fotografías relacionadas con los sistemas de limpieza empleados para su conservación y hacer un ligero comentario sobre los mismos.

Todos los colectores principales tienen banquinas, y según el ancho de sus cunetas, se limpian por medio de carros o barcas.

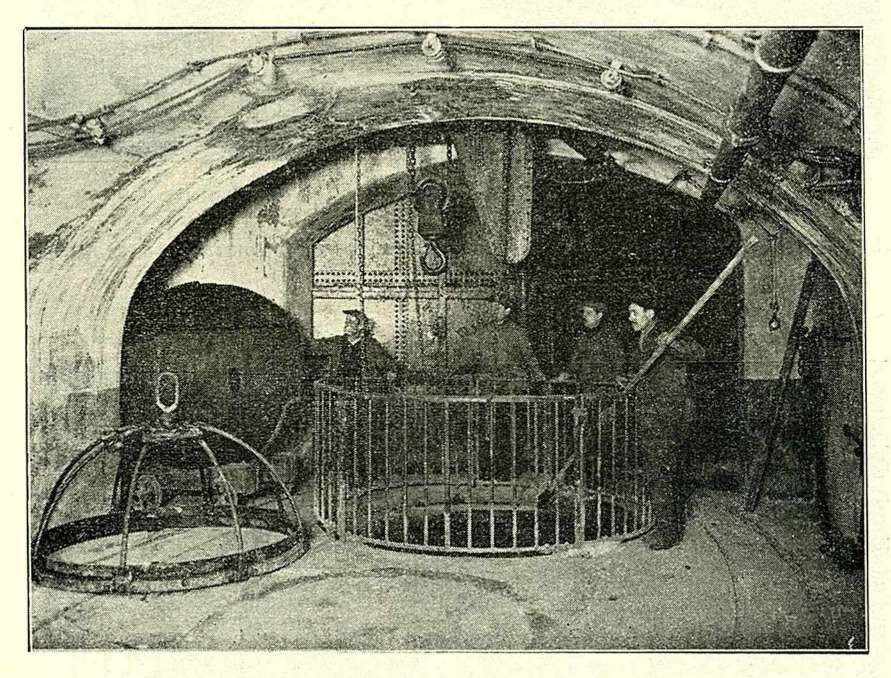
Es conocido el principio de funcionamiento de los dispositivos reproducidos: las compuertas originan aguas arriba de ellas una represada de las aguas que conducen las canalizaciones, dejando escapar por medio de una pequeña compuerta situada en la parte inferior del paño que va en la cuneta, o por el espacio comprendido entre las dos esferas o bolas, un caudal reducido, bajo una carga de 30 cm. en promedio, capaz de remover los depósitos acumulados en las cunetas y de hacer avanzar simultáneamente los carros o barcas en el sentido del discurrimiento de las aguas. La velocidad de desplazamiento de los aparatos de limpieza depende por un lado, de la rapidez con que se desalojan las acumulaciones y por otro, del frenado más o menos intenso que los encargados de las maniobras produzcan contra los muros, valiéndose de las alas destinadas a ese objeto, para asegurar la marcha de los aparatos y la eficacia de las limpiezas. Según los informes recogidos, para la maniobra de una compuerta móvil se necesitan 3 hombres, para la de un carro 5 hombres y 6 para la de una barca. Un carro puede avanzar por día de 50 a 60 m. arrastrando delante suyo un banco de detritus de 200 $m.^3$. Una barca puede avanzar de 30 a 40 m. arrastrando un banco de 1000 $m.^3$. Las limpiezas con los carros o barcas se controlan cuidadosamente por medio de gráficas de avanzamiento.

Se ha comprobado que con las compuertas de bolas se han evitado los deterioros que antes producían las barcas con compuertas planas, en los enlucidos de las cunetas.

La Fig. 79 permite apreciar la bola utilizada para la limpieza de los sifones. Para esa operación se desciende esa bola en la cámara de aguas arriba del sifón a limpiar, por medio de un aparejo sin fin, colocándole antes un "sombrero" o armazón metálica, que se afirma a ella por medio de bulones, y permite colgarla del gancho del aparejo. Al mismo tiempo que se hace esa operación se coloca a la entrada de la cámara una compuerta para producir una represada aguas arriba. Como la bola tiene un diámetro igual a 8/10 de

diámetro interno del sifón a limpiar, una vez emplazada dentro de la boca de entrada del sifón y retirada la compuerta mencionada anteriormente, se levantará por flotación, dejando pasar por debajo un chorro o descarga de agua, capaz de remover los detritus acumulados en la canalización. El desplazamiento de las acumulaciones y la carga de aguas arriba obligan a la bola a avanzar hacia la cámara de aguas abajo del sifón, de donde es retirada a su llegada, con los mismos elementos utilizados para su descenso Para conocer la posición de la bola durante la limpieza se suele atarle un hilo, que tiene de tanto en tanto una señal indicadora de la longitud.

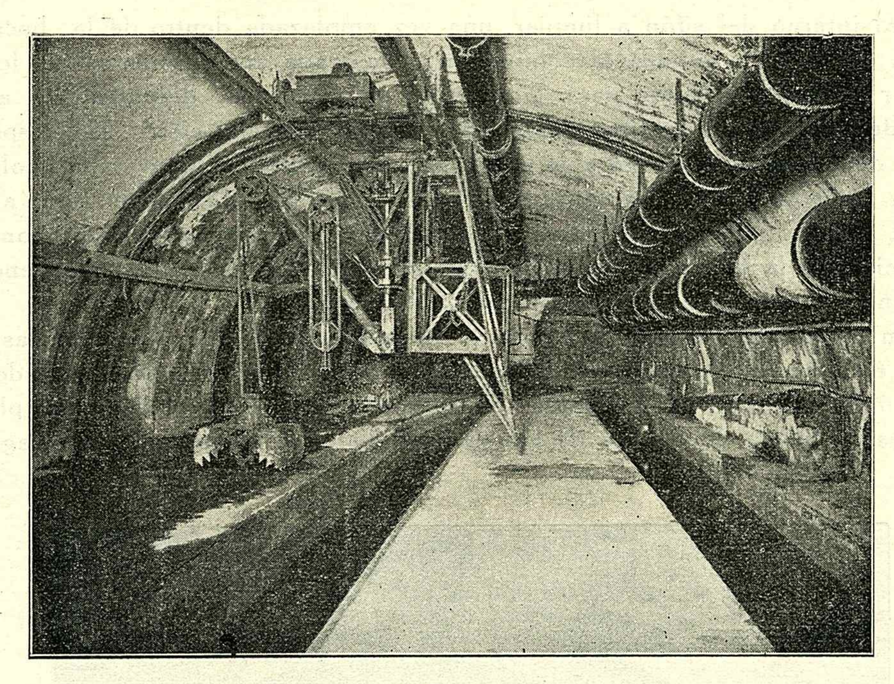
En los colectores principales de la ciudad de París hay emplazadas en puntos estratégicos, inmediatos al Sena, unas 20 cámaras desarenadoras, donde las acumulaciones de las limpiezas son retiradas por grúas eléctricas de pluma y baldes de forma de concha de almeja o similares, y cargadas sobre vagone-



(FIG. 79)

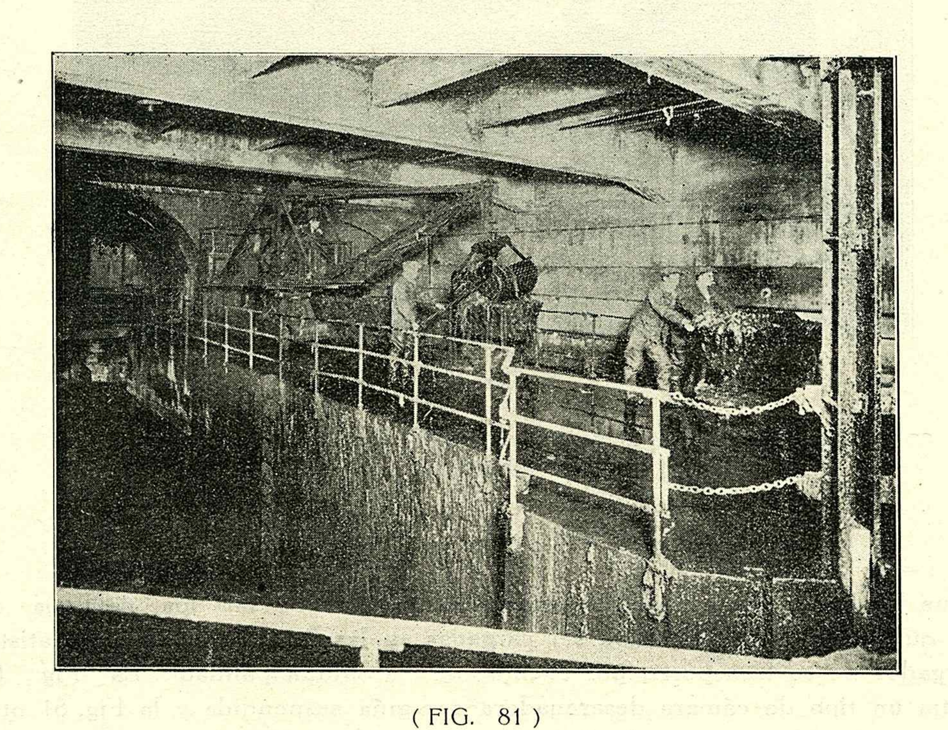
Alcantarillado de la ciudad de París. Bola para la limpieza de los sifones

tas que las transportan hasta los embarcaderos situados en los caminos de sirga que marginan el río, para ser cargadas en las barcas de los contratistas encargados de su transporte, por cuenta de la Municipalidad La Fig 80 muestra un tipo de cámara desarenadora con grúa suspendida y la Fig. 81 otro tipo con grúa de carro, y la forma en que se realiza el retiro de los detritus.



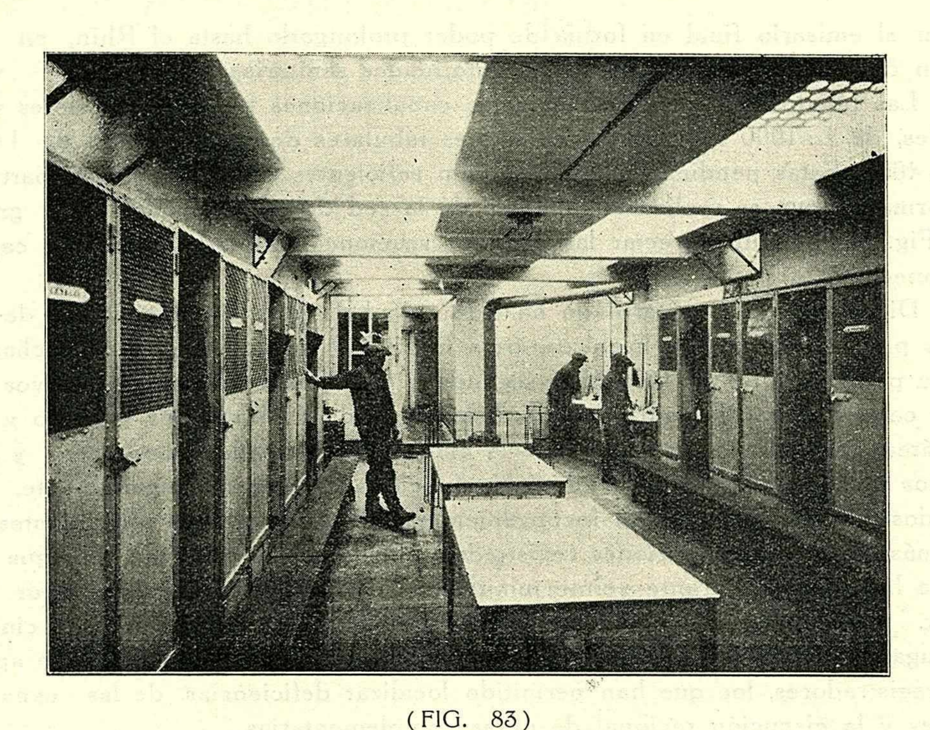
(FIG. 80)

Alcantarillado de la ciudad de París. Vista de una cámara desarenadora



(FIG. 81)

Alcantarillado de la ciudad de París. Vista de otra cámara desarenadora



(FIG. 83)

Alcantarillado de la ciudad de París. Local subterráneo destinado a vestuario del personal de conservación

La fotografía Fig. 83, permite apreciar la disposición general de un local subterráneo destinado a vestuario de los obreros, construido en las inmediaciones de una de las cámaras desarenadoras descriptas.

Alcantarillado de la ciudad de Estrasburgo

La red de alcantarillado de la ciudad de Estrasburgo es del sistema unitario y fué construída en tiempos de la dominación alemana, para poder recibir las aguas pluviales y las aguas residuales de la población, incluyendo las provenientes de las industrias y las de los pozos negros de los viejos inmuebles del núcleo central de la ciudad, no dotados de canalizaciones internas con desagüe directo a los colectores públicos.

Al formularse el proyecto de las obras se tuvo en cuenta la necesidad de prever colectores con secciones suficientes para conducir las aguas servidas y las pluviales, hasta cuatro veces el volumen medio de las servidas, sin establecer descargas al río Ill en el interior de la planta de la ciudad, la imposibilidad de establecer vertederos o descargas a los canales de navegación, cualquiera que fuese el grado de dilución de las aguas, y la necesidad de dis-

poner el emisario final en forma de poder prolongarlo hasta el Rhin, en previsión de posibles exigencias de las autoridades sanitarias nacionales.

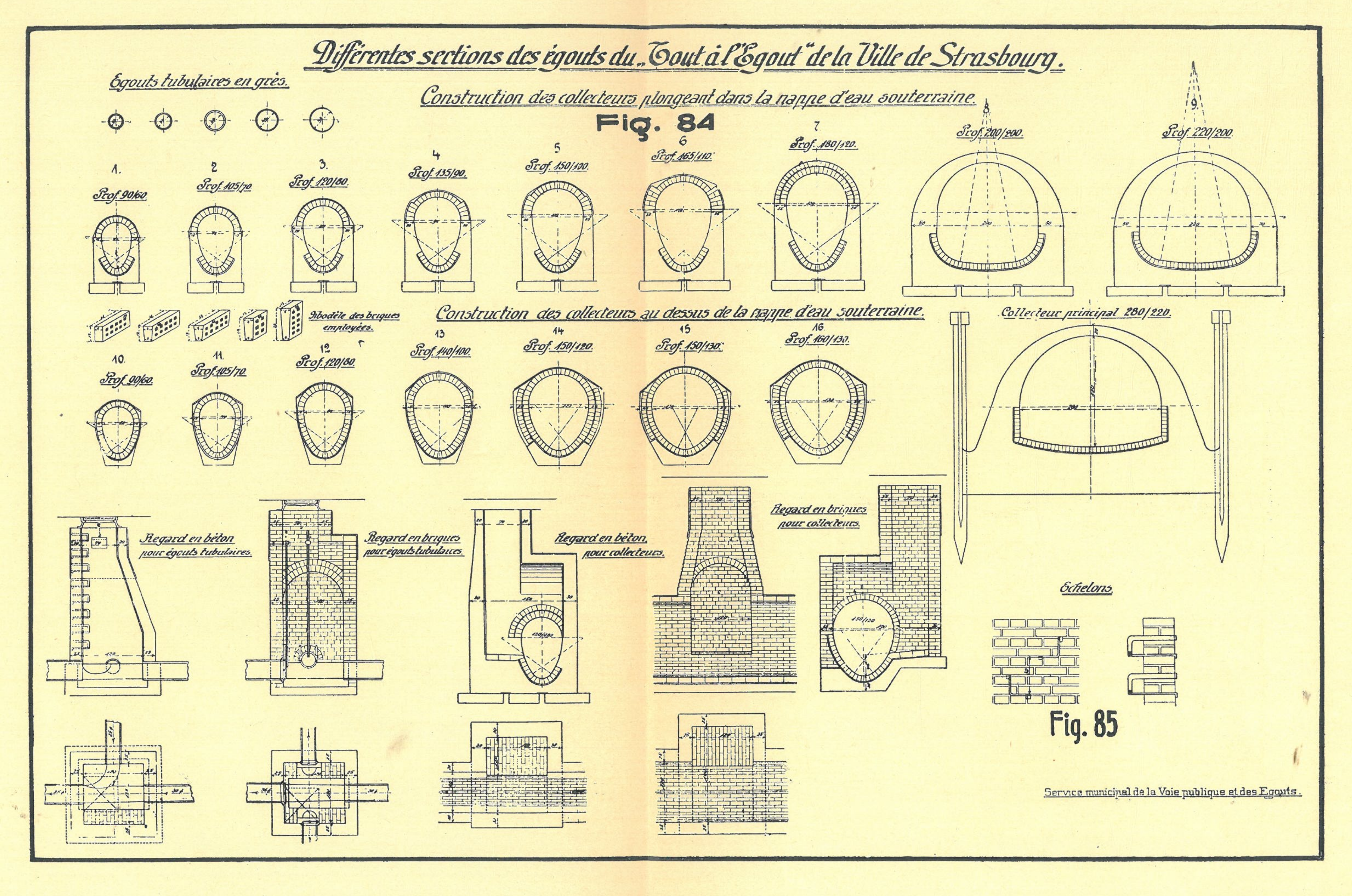
Las pendientes adoptadas para las canalizaciones fueron: colectores principales, de 1 : 1000 a 1 : 3000, colectores tubulares de débil sección, de 1 : 200 a 1 : 400. Estas pendientes han resultado suficientes debido en gran parte a la forma en que se realiza la limpieza de la red de alcantarillado. El grabado, Fig. 84, permite apreciar las distintas secciones adoptadas para las canalizaciones.

Dicha red de alcantarillado ha sido calculada para la evacuación de 60 litros por segundo y por hectárea, para la ciudad vieja, de calles estrechas y densa población, de 40 litros por segundo y por hectárea, para los nuevos barrios comerciales y los antiguos alrededores, y de 25 litros por segundo y por hectárea, para las partes nuevas de la ciudad, de viviendas modernas, y los barrios menos poblados del ejido. Ha funcionado siempre regularmente, habiéndose podido evacuar sin inconvenientes graves, las aguas provenientes de las más fuertes precipitaciones registradas, en las que la cantidad de agua caída se ha elevado, durante veinte minutos, a 142 litros por segundo y por hectárea. Para obtervar exactamente las lluvias se han instalado en la ciudad, en lugares estratégicos, estaciones pluviométricas especiales provistas de aparatos registradores, los que han permitido localizar deficiencias de las canalizaciones y la ejecución racional de obras complementarias.

En la parte sur de la ciudad, en la que no hay curso de agua para establecer vertederos, se han construído tanques especiales para almacenar las aguas pluviales, los que se descargan automáticamente o por medio de bombas, después que las lluvias han cesado.

La red de alcantarillado sirve más de 1000 hectáreas. El barrio del puerto del Rhin tiene una red independiente con una estación de bombeo para los períodos de creciente de ese río. La longitud de colectores es de unos 180 kilómetros, de los que 65 corresponden a las canalizaciones visitables y 14 a los antiguos colectores de la ciudad vieja, que ultimamente han sido modificados, sobre todo en los zampeados. En general, los muros de los colectores son de hormigón. Los zampeados están revestidos de ladrillos duros de la región, bien lisos, que no contienen materias calcáreas, y las bóvedas son de hormigón armado, hormigón simple o ladrillo. Las superficies de las partes de hormigón están revocadas con una capa de 1 cm. de mortero de cemento. Para las canalizaciones de 25 a 45 cm. de diámetro se han usado tubos circulares de gres vidriado. La estanqueidad de las juntas se ha obtenido por medio de una colada en caliente de una mezcla de alquitrán y asfalto. Hay más de 3000 cámaras de visita y 5000 bocas de tormenta; estas últimas están provistas de una reja de fundición, un balde para recoger las arenas y de un sifón interruptor. La Fig. 85 muestra el tipo de escalones utilizado en las cámaras de visita. Se diferencian de los ordinariamente usados en los alcantarillados realizados en nuestro país, en que las manos de las personas no se colocan sobre las partes en que se apoyan los pies.

Hay 30 vertederos provistos de válvulas o cierres a charnela, de fundición, destinados a impedir la invasión del agua del río en caso de crecientes.



Différentes sections des égouts du „Tout à l'Egout" de la Ville de Strasbourg.
Egouts tubulaires en grès.
Construction des collecteurs plongeant dans la nappe d'eau souterraine.
Fig. 84
1. Prof. 90/60.
2 Prof. 105/70
3. Prof. 120/80.
4 Prof. 135/90.
5 Prof. 150/100.
6 Prof. 165/110.
7 Prof. 180/120.
8 Prof. 200/200.
9. Prof. 220/200.
Modèle des briques employées.
Construction des collecteurs au dessus de la nappe d'eau souterraine.
10. Prof. 90/60.
11. Prof. 105/70
12 Prof. 120/80
13 Prof. 140/100.
14 Prof. 150/120.
15 Prof. 150/130.
16. Prof. 160/130.
Collecteur principal 280/220.
Regard en béton pour égouts tubulaires.
Regard en briques pour égouts tubulaires.
Regard en béton pour collecteurs.
Regard en briques pour collecteurs.
Echelons.
Fig. 85
Service municipal de la Voie publique et des Egouts.

Esas válvulas se abren por sí solas bajo la presión del agua en los colectores durante las lluvias. Este sistema de cierre ha dado resultados satisfactorios.

El lavado de las canalizaciones se hace de varios modos. Hay 23 tomas directas en los cursos de agua de la periferia, regulándose la entrada del líquido por medio de llaves de paso. En las partes altas de la ciudad o alejadas de los cursos de agua, se han construído pozos y se han establecido equipos elevadores, que toman el agua de las napas subterráneas y la vierten dentro de los colectores, a razón de 60 litros por segundo. Hay equipos formados por electro - bombas o por eyectores accionados con el agua de la distribución pública, que tiene una presión media de 2.5 atmósferas. Por cada volumen de agua de la distribución los eyectores elevan dos de agua subterránea. En unos pocos lugares hay cámaras de lavado, de 2 a 3 m.^{3} de capacidad, abastecidas con agua de la red de distribución. Se ha podido establecer que sobre 1 170 000 m.^{3} de agua de lavado empleada en un año, el 77 °/$_0$ provino de los cursos de agua, el 13 °/$_0$ de las napas subterráneas y el 10 °/$_0$ restante, de la distribución. Hay 15 sifones para atravesar los canales de navegación y pequeños cauces. Son de fundición, de diámetros variables entre 0.80 y 2.50 m. Delante de las bocas de entrada tienen cámaras desarenadoras de 5 a 20 m.^{3} de capacidad.

Alcantarillado de la ciudad de Reims

La ciudad de Reims tenía antes de la guerra europea una red de alcantarillado del sistema unitario, cuyas aguas eran elevadas en una usina de bombeo hasta los campos de regadío, propiedad de una Compañía concesionaria, donde se depuraban. Las aguas no eran muy concentradas pues funcionaban una gran cantidad de pozos negros y fosas sépticas.

La guerra destruyó casi todos los edificios y la usina elevadora, pero no los colectores de la ciudad. No obstante, al resolverse la reconstrucción de ésta se optó por repararlos y adaptarlos para recibir únicamente las aguas pluviales y la proveniente del riego de las calles, y construir una red de colectores para recoger las aguas servidas, las de los pequeños aguaceros y las aguas industriales; estableciéndose así un sistema de alcantarillado del sistema separativo. Las aguas de los colectores pluviales son descargadas en el río Vesle, sin más tratamiento que el pasaje a través de un tanque de sedimentación, mientras la de los colectores de aguas servidas son tratadas en campos de riego.

Las canalizaciones se extienden por todas las calles comprendidas en el plan de embellecimiento y extensión de la ciudad. Las pendientes de las mismas han sido previstas de modo que la velocidad de discurrimiento del líquido no sea inferior a 0.70 m. por segundo.

La configuración de la ciudad obligó a prever tres colectores principales: dos colectores bajos, próximos a cada margen del río Vesle y paralelos a él y un colector alto a media ladera, sobre la margen derecha. Las aguas de este

colector llegan a la estación de depuración por gravedad, las de los otros dos son elevadas por medio del aire comprimido.

Los colectores principales y emisarios son de sección ovoide, construídos generalmente con hormigón simple de cemento de escorias de altos hornos, compuesto de 0.800 m.^{3} de gravilla, 0.400 m.^{3} de arena y 250 kilogramos de cemento. Hay trozos construídos con hormigón armado compuesto de 0.800 m.^{3} de gravilla, 0.400 m.^{3} de arena y 350 kilogramos de cemento portland. Los colectores circulares de 20 a 45 cm. de diámetro son de gres vidriado, de 1.00 a 0.60 m. de longitud, los de 50 a 65 cm. de diámetro son de hormigón, hechos en fábrica, y los de 70 cm. a 1.00 m. de diámetro son de hormigón, hechos en obra. El hormigón de los caños hechos en fábrica tenía por lo menos 350 kilogramos de cemento portland por metro cúbico de hormigón. Ningún caño se colocó en obra hasta después de transcurridos 30 días desde la fecha de fabricación. Todo caño fué ensayado a la presión de una columna de agua de 6.00 m. de altura. Ningún caño tenía un espesor menor que el octavo del diámetro interior. Todos los caños de sección circular fueron de enchufe y cordón y fueron colocados en obra sobre una capa de 10 cm. de arena. Las juntas de los caños de gres fueron confeccionadas con filástica alquitranada embebida en arcilla plástica húmeda, fuertemente calafateada hasta llenar la mitad de los enchufes, y mastic bituminoso que contenía como mínimo 95 °/₀ de bitumen asfáltico puro, que en frío no era ni fluido ni quebradizo. La arcilla era exenta de materias extrañas. Las juntas de los caños de hormigón fueron confeccionadas con filástica alquitranada embebida en arcilla, como los caños de gres, y con mortero compuesto de 350 kilogramos de cemento portland por metro cúbico de arena. En terrenos inconsistentes los caños fueron colocados sobre losas de hormigón armado y en los terrenos en que la napa freática estaba muy arriba, se pusieron canalizaciones de drenaje paralelas a los colectores y al mismo nivel, constituídas por tubos de hormigón colocados a juntas secas, rodeados de una capa de piedra partida en trozos de 10 cm. como mayor dimensión.

En cada cambio de dirección, de sección o de pendiente hay un registro o cámara de visita e inspección, siendo el total de ellas de 4000. En determinados puntos se han construído cámaras de inspección en las canalizaciones de drenaje, las que ordinariamente permanecen obturadas con una tapa de hormigón armado. Se han previsto 540 depósitos de lavado de descarga automática y algunos de descarga a mano, en los extremos de mayor cota de los ramales secundarios, cuyos gastos o caudales medios son inferiores a 7 litros por segundo y la pendiente menor de 5 milímetros por metro. La red de colectores de aguas servidas se ventila por caños de fundición adosados a las fachadas de los edificios, que se prolongan hasta sobrepasar la altura de los techos. Las conexiones de los inmuebles situadas frente a los colectores circulares descargan en cámaras especiales cilíndricas, de 0.70 de diámetro, de paredes de hormigón de 10 cm. de espesor, que se prolongan hasta 1.00 m debajo del nivel de las calzadas. Van obturadas con tapas de hormigón armado de 10 cm. de espesor adheridas con asfalto. Los zampeados de dichas cámaras son terminados en forma similar a los de los registros o cámaras de visita.

El informante tuvo oportunidad de visitar en los alrededores de la ciudad de Essen, una estación de bombeo de aguas residuales y pluviales de construcción muy reciente, cuya descripción considera interesante pues, a su juicio, constituye todo un modelo en su género.

La Estación de bombeo de Steele ha sido construída en el año 1928 para elevar las aguas servidas de una zona vecina a la ciudad de Essen hasta la estación de depuración respectiva y las aguas pluviales al río Ruhr, las que debido a los hundimientos producidos por las minas, los días de grandes precipitaciones se acumulaban en grandes cantidades sin poder llegar a dicho curso de agua, dando lugar a olores desagradables después de unos días de estancamiento. La nueva estación fué construída por la Corporación del Ruhr (1) en el mismo paraje donde la Compañía explotadora de las minas tenía ya una instalación de bombeo, cuyas condiciones de funcionamiento eran deficientes, por múltiples causas.

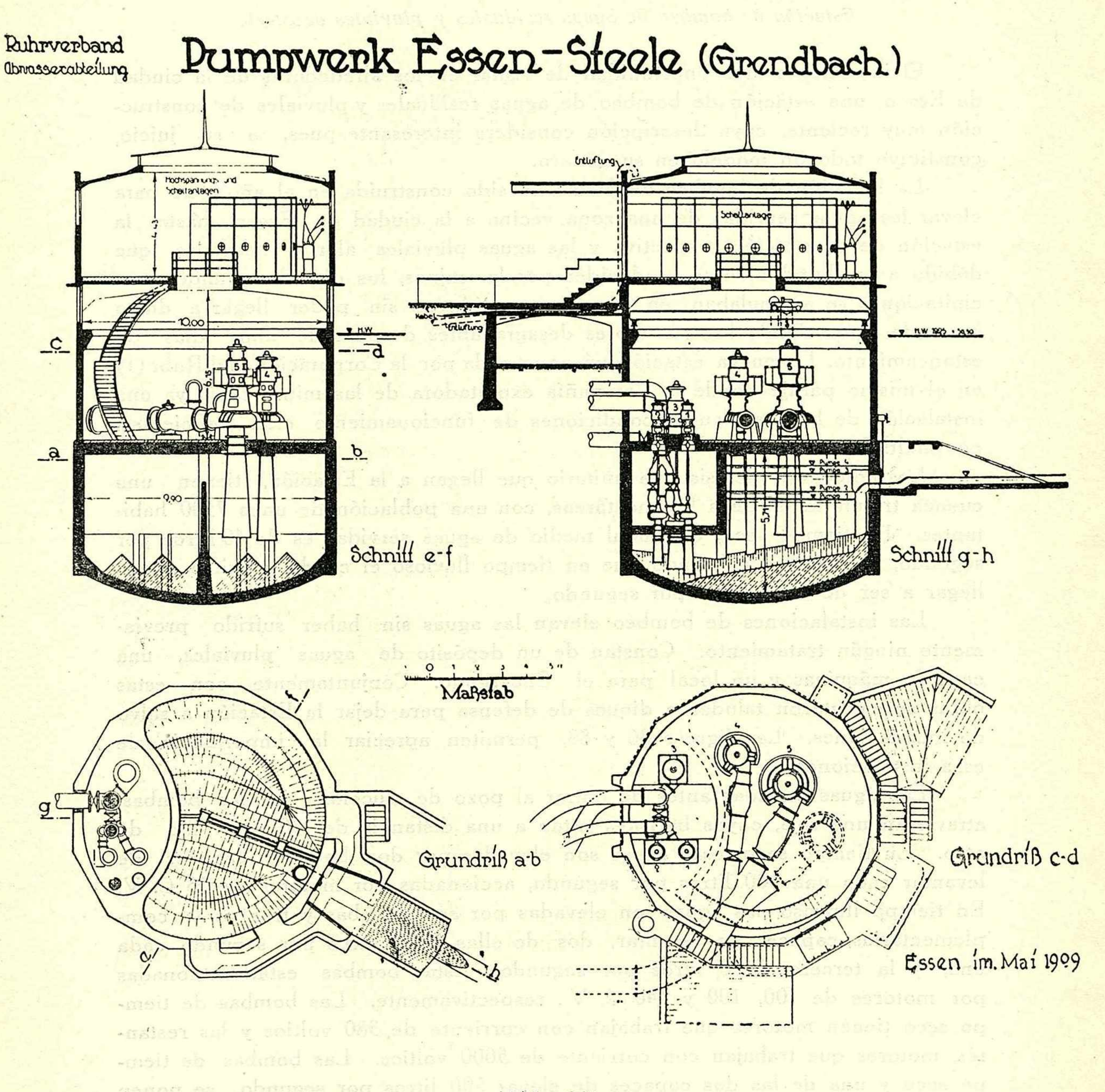
Los colectores del sistema unitario que llegan a la Estación, tienen una cuenca tributaria de unas 124 hectáreas, con una población de unos 7500 habitantes. En tiempo seco, el caudal medio de aguas servidas es de 40 litros por segundo, habiéndose calculado que en tiempo lluvioso el caudal máximo pueda llegar a ser de 1800 litros por segundo.

Las instalaciones de bombeo elevan las aguas sin haber sufrido previamente ningún tratamiento. Constan de un depósito de aguas pluviales, una casa de máquinas y un local para el Encargado. Conjuntamente con estas obras se ejecutaron taludes o diques de defensa para dejar la Estación a salvo de inundaciones. Las figuras 86 y 88, permiten apreciar la importancia de esas instalaciones.

Las aguas servidas antes de entrar al pozo de succión de las bombas, atraviesan una reja, cuyos barrotes están a una distancia de 30 mm. uno de otro. En tiempo seco, esas aguas son elevadas por dos bombas capaces de levantar cada una 100 litros por segundo, accionadas por motores de 28 C. V. En tiempo lluvioso, las aguas son elevadas por esas bombas y tres otras complementarias, capaces de levantar, dos de ellas, 500 litros por segundo cada una, y la tercera, 1100 litros por segundo. Estas bombas están accionadas por motores de 100, 100 y 140 C. V, respectivamente. Las bombas de tiempo seco tienen motores que trabajan con corriente de 380 voltios y las restantes, motores que trabajan con corriente de 5000 voltios. Las bombas de tiempo seco y una de las dos capaces de elevar 500 litros por segundo, se ponen en marcha automáticamente; no se juzgó necesario, ni económico, equipar en la misma forma las dos restantes, optándose por un sistema de señales para advertir al Encargado de la Estación cuando debe ponerlas en funcionamiento.

Las aguas servidas y pluviales descargan en una de las dos secciones o compartimentos en que está dividido el pozo de succión de las bombas. Cuando su nivel alcanza una determinada altura, por un sistema de flotadores se pone en marcha una de las pequeñas bombas, y si el aporte de agua sobrepasa la capacidad de esa bomba, comienza a trabajar automáticamente la segun-

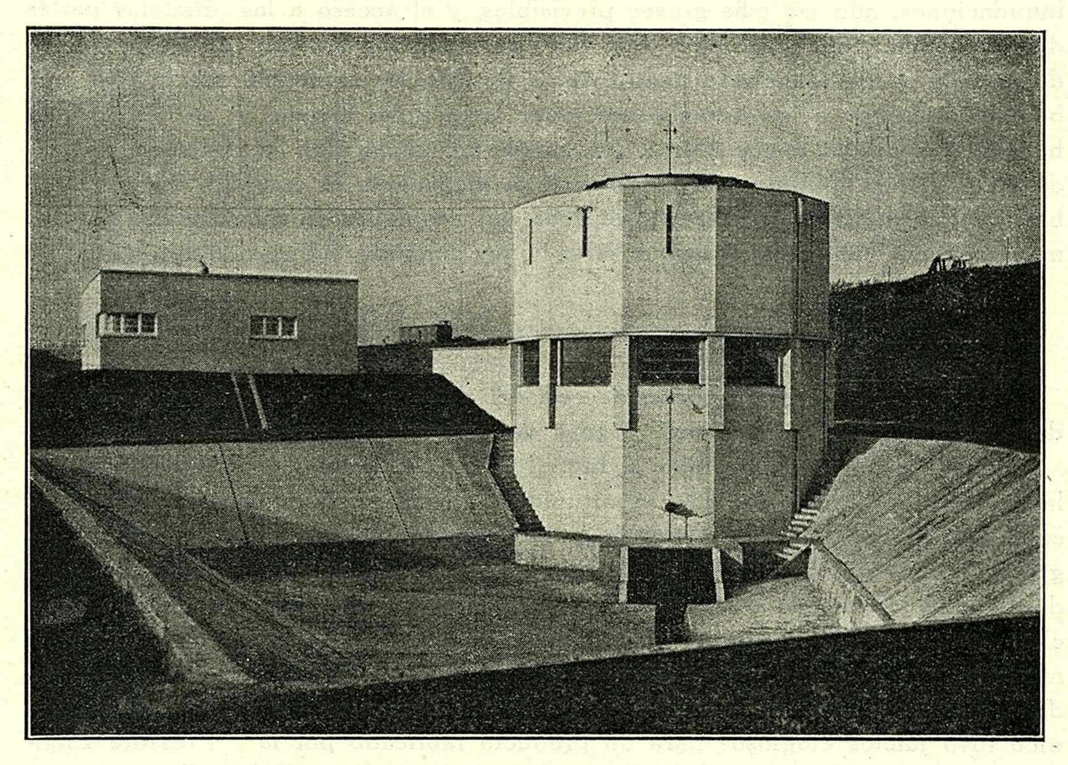
(1) Ruhrverband.



(FIG. 86)

Plano de la estación de bombeo de aguas residuales y pluviales de Steele.

da. Ambas bombas impulsan las aguas hasta la estación de depuración respectiva, situada a unos 1400 m. Las tres bombas restantes toman el agua del otro compartimento del pozo de succión. En tiempo de lluvia las aguas alcanzan en el primer compartimento una altura mayor que el nivel superior del tabique divisorio de dicho pozo, pasando al segundo compartimento, de donde son elevadas para ser conducidas al río Ruhr. La disposición adoptada permite retener el barro que arrastran las aguas en la primera sección del pozo de succión de las bombas y conducirlo luego a la Estación de depuración, con lo que puede conservarse limpio facilmente el depósito de aguas pluviales. Las tuberías de impulsión han sido instaladas de modo que en casos de emergencia las bombas de aguas pluviales pueden elevar las aguas residuales a la Estación de depuración.



(FIG. 88)

Vista exterior de la estación de bombeo de aguas residuales y pluviales de Steele.

Las instalaciones de alta tensión, tableros, etc., se encuentran emplazadas en un entrepiso sobre el que están instalados los motores. Todas las instalaciones de la casa de bombas se encuentran a cubierto de cualquier inundación, hasta las que pudieran llegar a romper los diques, y aún en estas circunstancias serían accesibles. Para asegurar el funcionamiento de la Estación, la corriente se hace llegar por dos cables independientes.

La estructura de la casa de bombas es de hormigón armado Al proyec-

tarla se tuvieron muy en cuenta las malas condiciones del terreno de fundación y las condiciones de estabilidad durante las inundaciones.

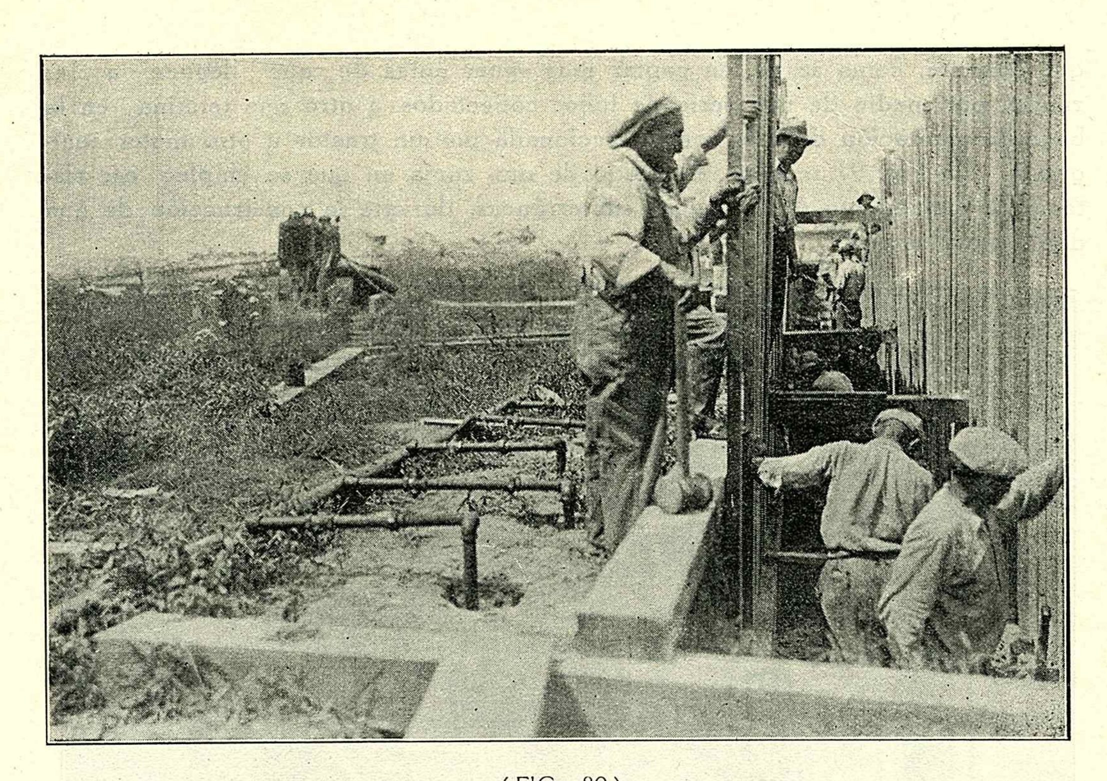
Las instalaciones de bombeo de Steele han sido ejecutadas en forma irreprochable y, como se dijo al comienzo de esta descripción, a juicio del informante, constituyen un conjunto que puede ser tenido como modelo. En la disposición de sus distintas partes se han tenido en cuenta todos los principios técnicos que rigen para ese género de instalaciones. Las aguas servidas que han de ser depuradas más tarde no sufren retenciones perjudiciales, pues son elevadas en forma casi contínua; no pueden producirse depósitos de barro que lleguen a originar olores; las bombas son aparentes para elevar aguas sucias que no han sufrido ningún tratamiento previo y se han previsto con capacidades suficientes; las máquinas y sus accesorios están protejidos contra las inundaciones, aún las más graves previsibles, y el acceso a las distintas partes de las instalaciones mecánicas será fácil en cualquier tiempo; la alimentación de energía se ha asegurado dentro de lo posible; la estructura de la casa de bombas responde a las malas condiciones locales del terreno y su estabilidad ha sido asegurada; y por último, los gastos de conducción y vigilancia han sido reducidos al mínimo, quedando toda la instalación al cuidado de un hombre, que normalmente no hace otra cosa que mantener la lubrificación de las maquinarias y los trabajos de conservación y limpieza indispensables.

Alcantarillados de otras ciudades europeas y norteamericanas

El informante tuvo ocasión de conocer otros alcantarillados, pero ninguno de ellos presenta características dignas de destacarse en este trabajo.

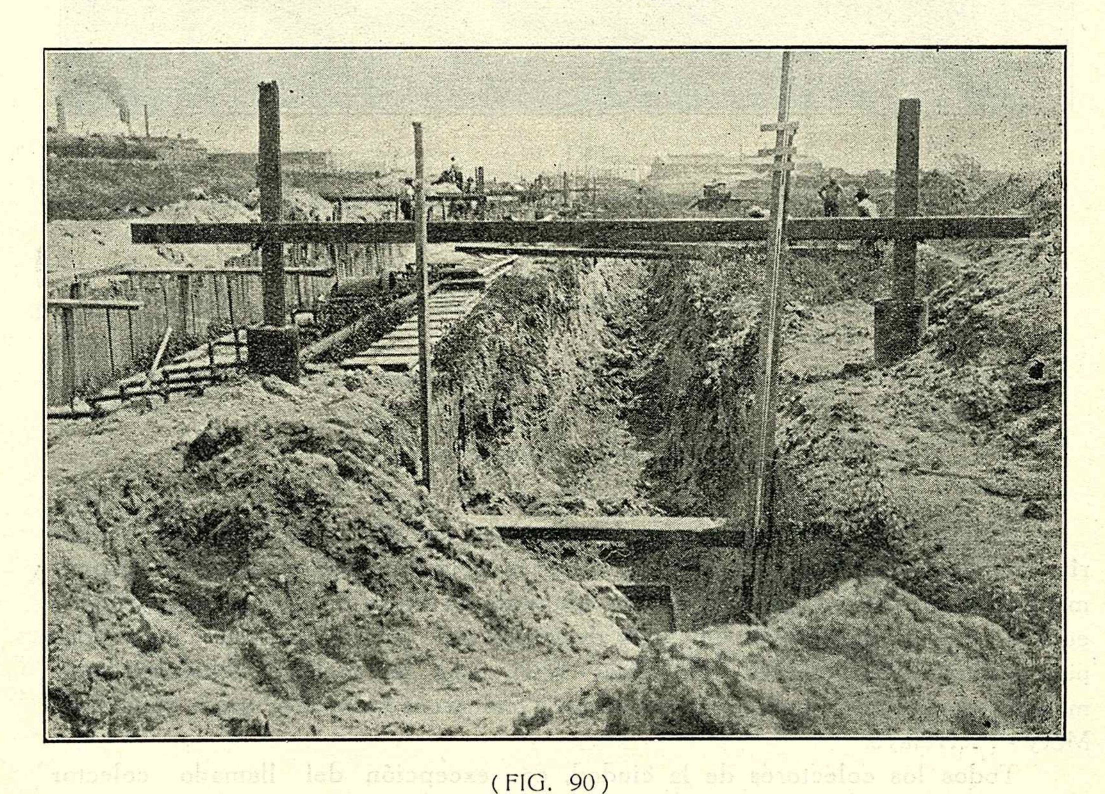
Durante la visita que hizo al Ing.° Jefe del servicio de alcantarillado de la ciudad de Washington, tuvo oportunidad de cambiar ideas con dicho técnico sobre los materiales usados para la confección de las juntas de los caños de gres y hormigón. Según dicho Ingeniero, cada día gana más terreno en Estados Unidos el empleo de materiales bituminosos para la confección de dichas juntas, acusándose una franca tendencia a la supresión de las juntas de mortero de cemento portland, que se juzgan difíciles de ejecutar bien, quebradizas y alterables con el tiempo por las raíces de los árboles. El mismo técnico tuvo juicios elogiosos para un producto fabricado por la "Presstite Engineering Co.", de la ciudad de San Luis, denominado "Kalktite"; un compuesto de asfalto de roca puro en polvo, amianto en fibra y otros minerales, que mezclado en proporción conveniente con un asfalto líquido especial, que suministra la misma casa, forma un compuesto plástico de la misma consistencia que la masilla. La mezcla se hace en la obra, en frío y se emplea mientras está fresca. Endurece bajo agua y según las experiencias realizadas, permite obtener juntas estancas, inalterables a los ácidos e impenetrable por las raíces de los árboles.

En su visita al Ingeniero Jefe del servicio de alcantarillado de la ciudad de Toronto, tuvo oportunidad de obtener las fotografías, Fig. 89, 90 y 91, que permiten apreciar el procedimiento seguido en esa ciudad para alejar las aguas subterráneas de las excavaciones durante la construcción de las canalizaciones;



(FIG. 89)

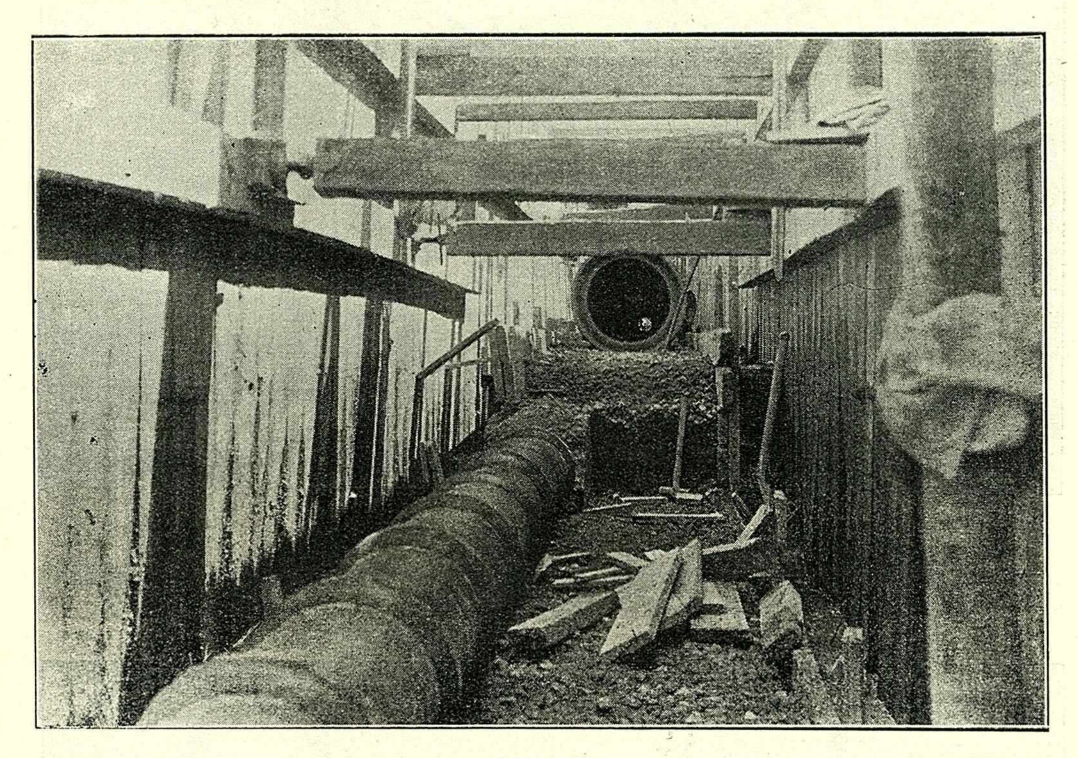
Ciudad de Toronto. — Procedimiento seguido para alejaı las aguas subterráneas de las excavaciones



(FIG. 90)

Ciudad de Toronto. — Vista de una zanja para la construcción de un colector.

que consiste, como se ve, en captar esas aguas antes de que lleguen a las zanjas, por medio de una serie de tubos conectados a otro que termina en la boca de aspiración de una bomba, accionada por un tractor u otro motor cualquiera. La Fig. 91 muestra el estado de una zanja en que se empleó ese sistema de alejamiento de las aguas subterráneas, durante la construcción de una doble canalización.



(FIG. 91)

Ciudad de Toronto. — Vista de dos colectores superpuestos en construcción.

III. — INSTALACIONES DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

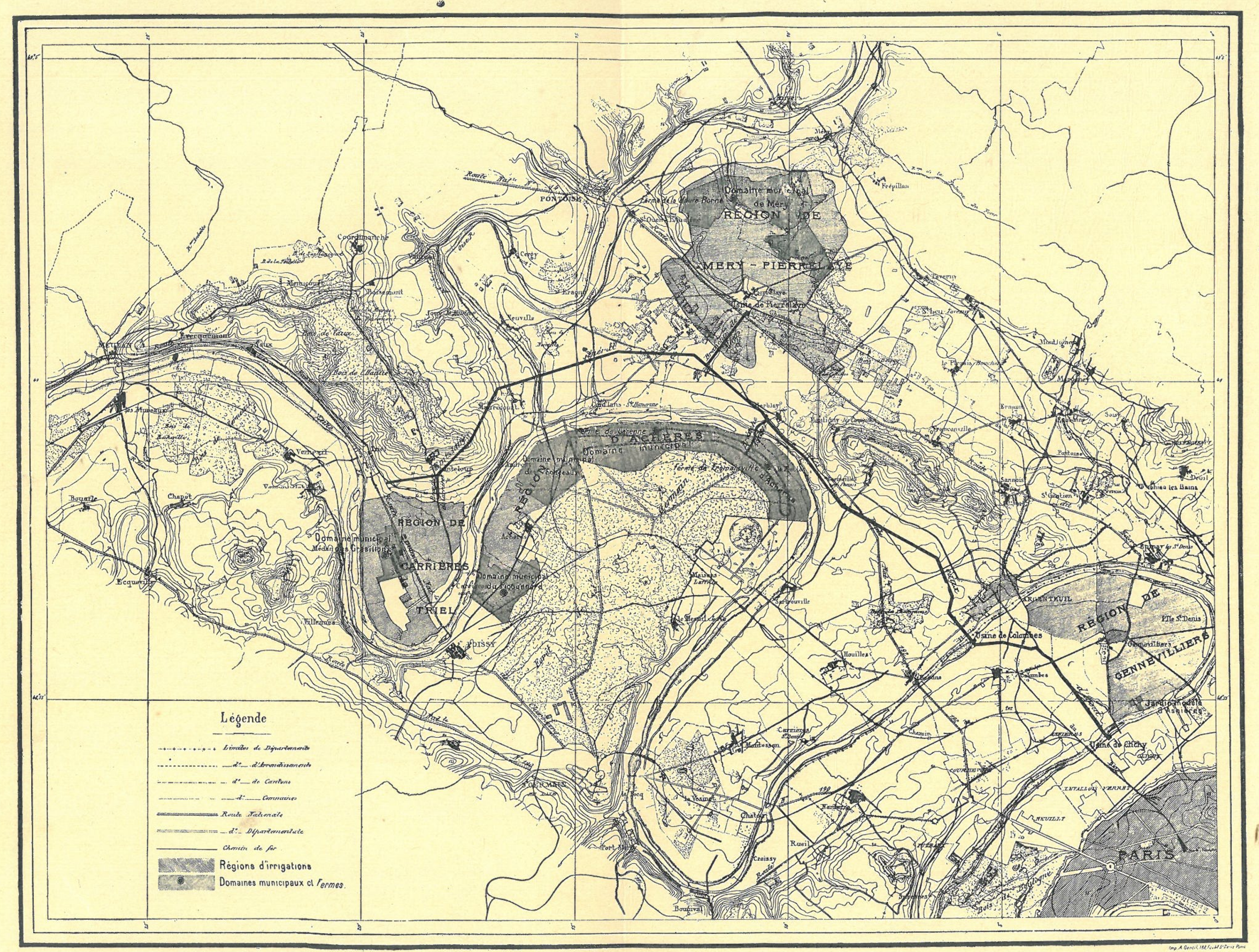
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de París y pueblos circunvecinos

a) Depuración biológica natural

Para evitar la contaminación de las aguas del río Sena, la ciudad de París decidió a fines del siglo pasado, después de numerosos estudios y experimentos, la utilización agrícola de las aguas de su vasta red de alcantarillado, en los terrenos de aluvión del valle de dicho río, en las regiones conocidas por Gennevilliers, Achères y Carrières - Triel, y en los terrenos bastante permeables constituídos por capas de arena y calcáreos fisurados, de la región de Méry - Pierrelaye.

Todos los colectores de la ciudad, con excepción del llamado colector

ASSAINISSEMENT DE LA SEINE



Imp. A. Gentil, 198, F. St Denis, Paris

- Echelle de 1: 50000 -

del Norte, llegan a la usina de bombeo de Clichy, de donde las aguas residuales son elevadas en su mayor parte hasta la usina de Colombes, por medio de un sifón de 2.30 m. de diámetro, emplazado bajo el lecho del Sena y un acueducto libre de 3.00 m. de diámetro, que constituye el primer trozo del emisario general o "acueducto de Achères". Una pequeña parte de las aguas que llegan a la usina de Clichy son bombadas a los terrenos de riego de Gennevilliers, por medio de tuberías que atraviesan el Sena sobre el puente de Clichy. Las aguas recojidas por el colector del Norte, después de sufrir una sedimentación en los tanques de Saint-Ouen, pasan por gravitación a los terrenos de Gennevilliers.

Las aguas traídas por los colectores a la usina de Clichy atraviesan, antes de llegar a las galerías de aspiración de las bombas, un primer tanque de sedimentación de 3.200 m.^{2} de superficie y 4.50 m. de profundidad útil, y un segundo tanque de sedimentación de 900 m.^{2} de superficie y 2.50 m. de profundidad útil. Los tanques son a cielo abierto. Las materias sólidas que las aguas traen en suspensión y quedan depositadas en los tanques citados, son extraídas por medio de dos puentes-dragas en el tanque grande y una draga eléctrica y otra a vapor en el tanque pequeño. Apesar del escurrimiento que sufren los barros al ser extraídos por los baldes, de forma de concha de almeja, tienen de un 75 a un 80 °/₀ de agua. Anualmente se retiran unos 80 000 m.^{3} de barros en la usina de Clichy, los que son transportados en lanchas aguas abajo de la ciudad, por contratistas que los venden como abono o los descargan en lugares preparados por ellos con ese objeto.

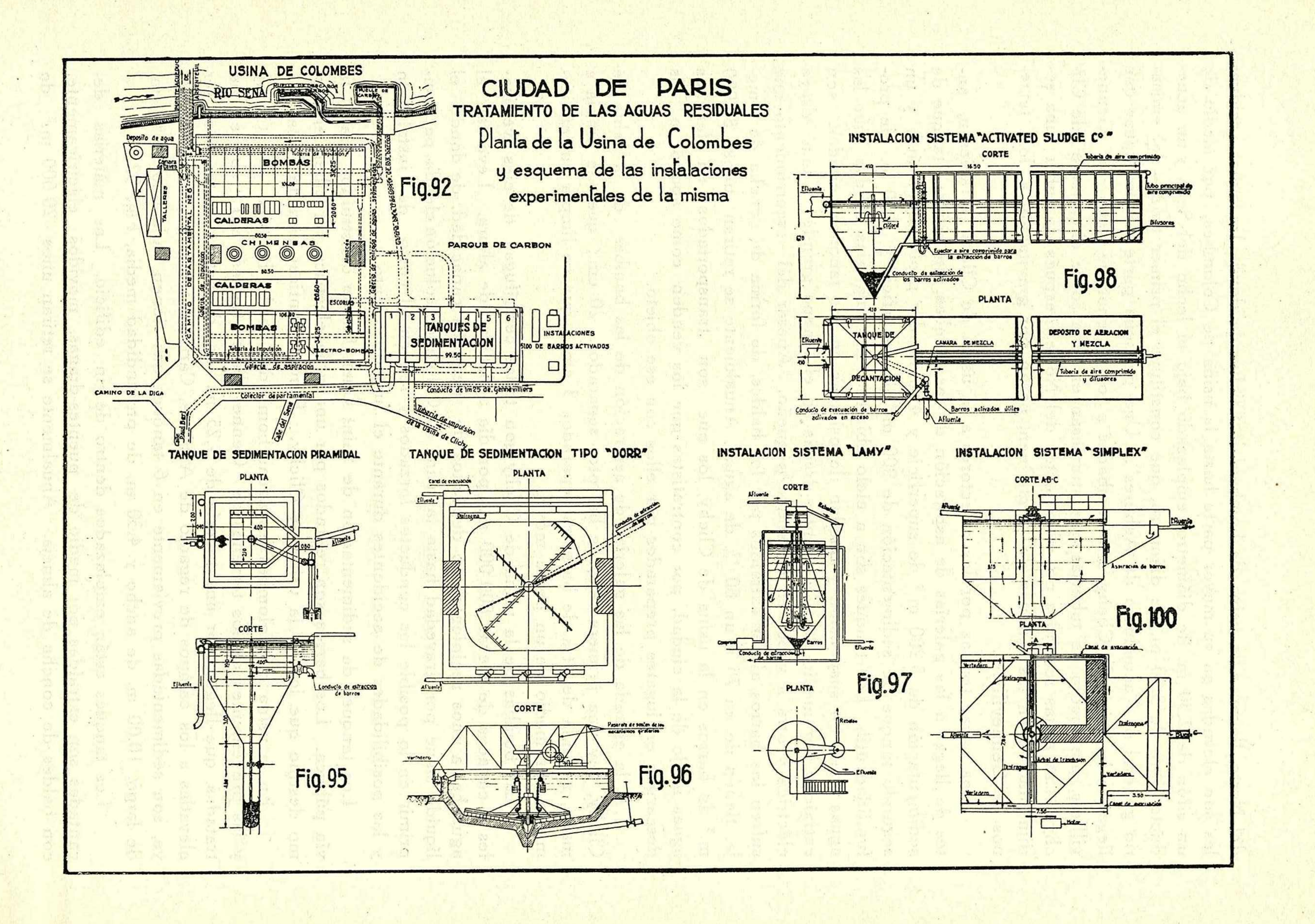
A la entrada de las galerías de aspiración de las bombas de la usina de Clichy, hay una primera reja, de barrotes separados 20 cm., que se limpia a mano, seguida de otra de barrotes separados 3 cm., que se limpia mecánicamente por medio de un peine móvil.

Las bombas de la usina de Clichy son todas centrífugas de ejes verticales y capaces de elevar 800 000 m.^{3} por día a 6.00 m. de altura. Levantan el agua hasta unos recipientes o depósitos de pequeña capacidad, de donde el líquido sigue por gravedad hasta la usina de Colombes; solución elejida para suprimir en lo posible los conductos forzados y reducir el costo de instalación y las posibilidades de accidentes durante el funcionamiento.

Los tanques de sedimentación de Saint Ouen fueron construídos bajo la vía pública. Los barros son retirados por una grúa eléctrica y reciben el mismo destino que los de la usina de Clichy. Tienen idénticas características.

En la usina de Colombes las aguas bombadas desde la usina de Clichy y las provenientes de los terrenos de Gennevilliers (aguas del rebalse, no tratadas, que llegan por una tubería de 1.25 m. de diámetro) antes de ser elevadas a los campos de regadío de Achères, Carrière-Triel y Méry-Pierrelaye, son sedimentadas previamente en 6 tanques que tienen cada uno 34.50 m. de largo, 10.00 m. de ancho y 4.30 m. de profundidad media, Fig. 92.

Los tanques están emplazados dentro de un edificio. Las materias decantadas son extraídas por medio de puentes-dragas, movidos eléctricamente, con baldes de concha de almeja. Anualmente se retiran unos 20 000 m.^{3} de


CIUDAD DE PARIS
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
Planta de la Usina de Colombes
y esquema de las instalaciones
experimentales de la misma
USINA DE COLOMBES
RIO SENA
Fig.92
Deposito de agua
TALLERES
BOMBAS
CALDERAS
CHIMENEAS
CALDERAS
BOMBAS
PARQUE DE CARBON
TANQUES DE SEDIMENTACION
INSTALACIONES DE BARROS ACTIVADOS
CAMINO DE LA DIGA
Colector departamental
Conducto de 1m25 de Gennevilliers
Tubería de impulsión de la Usina de Clichy
INSTALACION SISTEMA "ACTIVATED SLUDGE C°"
CORTE
PLANTA
Tubería de aire comprimido
Tubo principal de aire comprimido
Difusores
Efluente
Afluente
TANQUE DE DECANTACION
CAMARA DE MEZCLA
DEPOSITO DE AERACION Y MEZCLA
Barros activados útiles
Fig.98
TANQUE DE SEDIMENTACION PIRAMIDAL
PLANTA
CORTE
Fig.95
TANQUE DE SEDIMENTACION TIPO "DORR"
PLANTA
CORTE
Fig.96
INSTALACION SISTEMA "LAMY"
CORTE
PLANTA
Fig.97
INSTALACION SISTEMA "SIMPLEX"
CORTE AB-C
PLANTA
Fig.100

barros, a los que se les da el mismo destino que a los provenientes de la usina de Clichy.

En la usina de Colombes hay instaladas y en funcionamiento 18 bombas accionadas por motores a vapor y 2 electro-centrífugas. Los caudales elevados varían de 200 000 m^3 en invierno a 800 000 $m.^3$ en verano. La altura de elevación varía de 35 a 43 m. Las bombas a vapor son a pistón, de doble efecto, con válvulas múltiples; cada una puede elevar de 500 a 630 litros por segundo. Las bombas centrífugas son capaces de elevar 1.000 litros por segundo; son accionadas por motores eléctricos a corriente trifásica de 5.500 voltios y 25 períodos. Las bombas elevadoras de la usina de Colombes están separadas en dos grupos: las de uno elevan las aguas por medio de dos tubos de fundición de 1.10 m. de diámetro y las del otro por medio de una tubería de fundición de 1.10 m. de diámetro y otra de tubos Bonna de 1.80 m. de diámetro, hasta una cámara de válvulas, en la cual se ponen en comunicación esas tuberías de impulsión con las 4 tuberías de 1.10 m. de diámetro emplazadas bajo el tablero del puente-acueducto de Argenteuil. La potencia de la usina de Colombes es de unos 10 000 C. V. y el caudal máximo que pueden elevar las bombas 12 600 litros por segundo. La usina cuenta con muelles propios para la descarga del carbón, y la carga de los barros y escorias en las embarcaciones utilizadas para su alejamiento, un taller para conservación y mantenimiento de la maquinaria, instalaciones para elevar el agua del río para ser usada en las calderas y elevar el agua potable de un pozo profundo para uso del personal, un depósito, un laboratorio de ensayo de las aguas y los materiales utilizados durante la explotación de los servicios, una sub-estación de transformación para transformar la energía de 5.500 voltios, en corriente contínua de 120 voltios, para el alumbrado y otros usos dentro del establecimiento, y una enfermería para casos de auxilio. El personal normal es de 225 obreros, pero en ciertos veranos han trabajado hasta 300 obreros.

La práctica ha demostrado que las bombas centrífugas son más económicas que las bombas a pistón. La arena y otras materias en suspensión rayan los pistones, las válvulas se deterioran, etc., resultando mucho más onerosa la conservación de las bombas a movimiento alternativo.

Al proyectarse el trozo del emisario general o acueducto de Achères, comprendido entre la usina de Colombes y los terrenos de regadío, se limitó el empleo de las tuberías en carga a los trozos donde eran extrictamente indispensables, con el objeto de aumentar la seguridad de funcionamiento, reducir los gastos de construcción, mantenimiento y conservación y preservar las aguas de posibles alteraciones. (1) Por eso ese emisario general está constituído en su mayor extensión, por un acueducto a discurrimiento libre, de 3.00 m. de diámetro, con una pendiente de 0.50 m. por kilómetro, capaz de transportar como máximo unos 10 000 litros por segundo. Las partes en carga son: la línea de impulsión entre la usina de Colombes y el llamado "punto alto de Argenteuil" (formada por 4 tuberías de 1.10 m. de diámetro sobre el puente de

(1) En Berlín se había notado que en los conductos forzados de gran longitud, se desarrollaban bacterias anaerobias perjudiciales para la depuración.

Argenteuil, como ya se había dicho, y por 2 tuberías de 1.80 m. de diámetro, entre el puente y el recipiente o depósito del punto alto mencionado) y la tubería en carga de 2.00 m. de diámetro, que atraviesa el valle de Chennevières y el río Oise. El punto alto de Argenteuil está situado a una cota que domina el valle del Sena hasta Mantes. La longitud del emisario es de 22 Km., a partir del punto alto de Argenteuil; desde la usina de Clichy hasta Triel, la longitud es de 28 Km El emisario puede servir a unas 8 000 hectáreas de tierras aptas para la irrigación. Ni el emisario general ni la usina de Colombes tienen aliviaderos o descargas directas al Sena, lo que hace muy delicado su funcionamiento y conservación.

Para alimentar las diversas regiones de irrigación, parten del emisario general los ramales secundarios del Parque agrícola de Achères, que se componen de 2 tuberías en carga, de 1.00 m. de diámetro, que atraviesan el Sena en sifón, en la localidad de Herblay; el ramal de Méry, conducto a discurrimiento libre de 2.00 m. de diámetro que llega a la usina de bombeo de Pierrelaye, del que se desprende antes de llegar a dicha usina, un conducto de igual diámetro, para alimentar una parte de los terrenos por gravitación. La región de Carriéres-Triel se alimenta por la extremidad del emisario general y el ramal de Carrières.

Es interesante mencionar que la práctica ha permitido comprobar la exactitud de la fórmula utilizada para calcular el emisario general, de un diámetro inusitado en la época en que se proyectó. Esa fórmula fué la de Bazin, para el cálculo de canales descubiertos, utilizándose el coeficiente correspondiente a paredes muy lisas, de acuerdo con la cual, el gasto máximo del emisario es de 9 750 litros por segundo. Para ese gasto la altura del líquido alcanza a los 3/4 del diámetro y la velocidad es de 1.71 metros por segundo. Los experimentos realizados ultimamente han demostrado que la fórmula podría aplicarse en casos análogos, siempre que las aguas tengan un contenido de materias en suspensión igual y de la misma naturaleza, y que sean idénticos los revestimientos de las paredes. Sobre las del acueducto de Achères se ha depositado un enlucido mucilaginoso que favorece el deslizamiento de los filetes líquidos. Las experiencias de aforos se continúan metódicamente, apesar de las dificultades que ofrece la agresividad de las aguas, que no permite el uso de aparatos sencillos: tubos de Pitot, molinetes, etc. Se estudia la posibilidad de instalar tubos Venturi.

La débil pendiente de los trozos a discurrimiento libre del emisario general y la naturaleza de las aguas, obligan a limpiarlo periódicamente, operación que se realiza por medio de la bola descripta al hablar de la conservación de los sifones del alcantarillado de la ciudad. La bola que se usa tiene 2.00 m. de diámetro. Vacía pesa 2 toneladas y llena de agua, pronta para ser utilizada, 3.8 toneladas; desaloja un peso de agua de 4.2 toneladas

La red de distribución de las aguas a depurar sobre cada región de regadío está formada por tuberías en carga. La red del llamado "Parque de Achères" es ramificada, la de Carrières-Triel mallada. Las tuberías son casi todas de hormigón armado. Las que deben resistir presiones superiores a 25 m. son de hormigón armado común; las que deben resistir mayores presiones

son del tipo Bonna. En más de treinta años, esas tuberías no han exijido más que reparaciones de poca importancia, a pesar de haber resistido grandes y frecuentes golpes de ariete, debido a los riegos irregulares hechos por los cultivadores, y la acción destructiva de las aguas; lo que habla muy en favor del material utilizado.

Para irrigar la región de Méry-Pierrelaye fué necesario construir una estación de bombeo. La altura de elevación de las bombas es variable en cada uno de los tres sectores alimentados por la línea de impulsión, y como las tuberías hacen servicio de ruta, resulta que si el agua elevada es descargada sobre los terrenos de menor cota, la impulsión es mínima; sucediendo lo contrario si las irrigaciones se hacen sobre los terrenos más elevados Las bombas son de pistón, accionadas por motores a vapor, monocilíndricos, similares a los de la usina de Colombes Para evitar las presiones excesivas, disminuir los golpes de ariete y permitir la regulación de las bombas a las necesidades de la irrigación, se han colocado chimeneas de equilíbrio a la salida de la usina, constituídas por columnas de fundición con una canalización de rebalse en su interior, que está en comunicación con la usina. En caso de retardo o negligencia del maquinista en la regulación de las máquinas, cuando los manómetros indican una sobre-presión peligrosa, el agua pasa al rebalse y vuelve a la usina. Las descargas sobre los campos de riego, no se han considerado convenientes.

De las tuberías de distribución, de 0.40 y 0.30 m de diámetro, arrancan, de distancia en distancia, en puntos apropiados para la distribución de las aguas, ramales verticales de 0.30 m. de diámetro que terminan en las bocas de riego, Fig. 93. Las válvulas que coronan esas bocas, impiden que las aguas al salir sean proyectadas fuera de los recintos que las circundan, cuando las presiones son elevadas. Cada boca de riego está rodeada de una cubeta de mampostería o cámara de distribución, en la cual se han previsto ranuras para colocar las compuertas destinadas a asegurar a las aguas la dirección que se desea darles. En los puntos altos de cada ramal de distribución hay generalmente bocas de riego automáticas, Fig 94, que tienen por objeto dejar que el agua escape cuando la presión en las tuberías alcanza en los puntos bajos a 15 m Las presiones existentes en el Parque de Achères habrían exigido chimeneas de equilíbrio muy altas, habiendo dado buenos resultados las bocas automáticas.

Las tuberías secundarias de distribución son paralelas y están separadas entre sí unos 400 m. La ubicación de cada boca de irrigación está determinada por la declividad del terreno En general, están colocadas cada 75.00 m y la superficie servida por cada una es de tres hectáreas y media, aproximadamente. Las aguas corren por los surcos trazados entre las hileras de plantas o arriates, bañando sus raices sin mojar las hojas (riego por infiltración).

A continuación de esta breve descripción de las instalaciones construídas por la ciudad de París para la conducción de sus aguas servidas sobre los campos de regadío, con el fin de depurarlas, el informante cree interesante hacer algunas consideraciones referentes a la técnica de los riegos que se realizan y las medidas adoptadas para asegurar su eficacia.

Desde que Schloesnig y Müntz revelaron la función depuradora del suelo y Mills publicara el resultado de sus observaciones sobre la depuración de las aguas servidas por filtración intermitente, es sabido que el proceso de depuración biológica natural consiste en la retención, por simple filtración mecánica en la superficie del terreno o sus primeras capas, de las materias que esas aguas llevan en suspensión, y su transformación posterior, conjuntamente con las materias orgánicas en solución y en estado coloidal en las aguas, en gases y productos amoniacales, por la acción de los micro-organismos, después de incorporadas a la tierra, por medio del laboreo y el trabajo de las especies animales inferiores; que esos productos amoniacales se transforman posteriormente, por la acción de idénticos agentes, en nitritos y nitratos, es decir, en materias minerales inofensivas, más o menos solubles; y que para que esa combustión lenta de las materias orgánicas se realice de una manera eficaz, es indispensable asegurar las mejores condiciones de vida a las especies microbia-

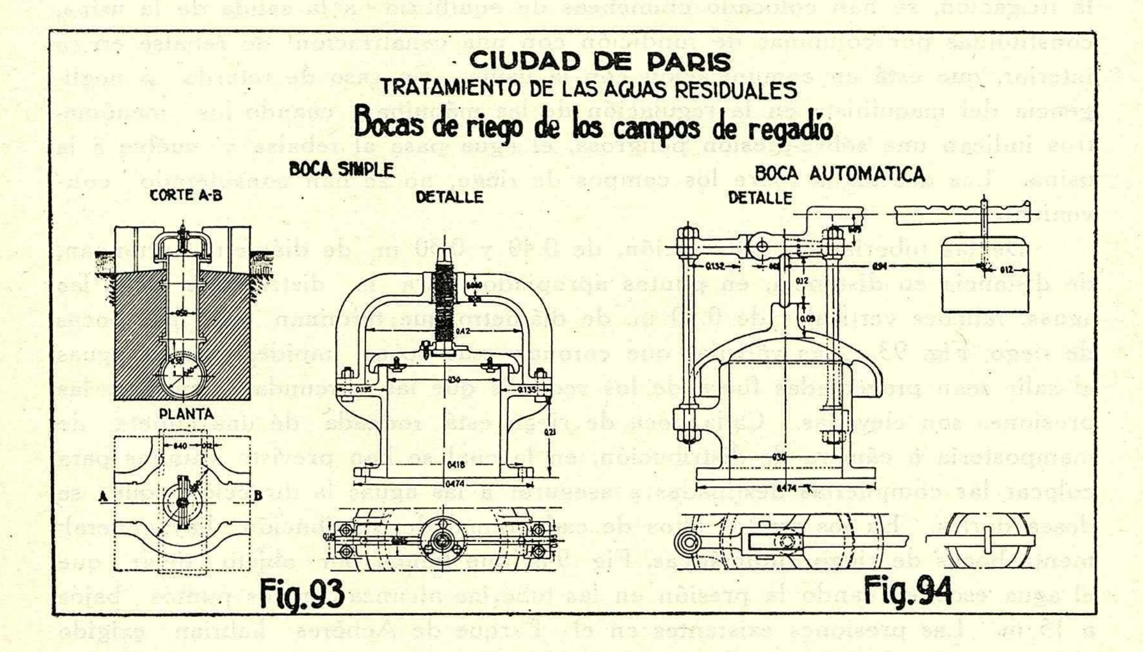


Fig.93

Fig.94

nas, lo que se consigue favoreciendo la circulación de las aguas y del aire a través del terreno.

Veremos enseguida de que medios se han valido los técnicos de la ciudad de París para cumplir esos principios fundamentales, al tratar los grandes volúmenes de aguas provenientes de los alcantarillados.

Las experiencias realizadas en Gennevilliers antes de adoptarse la depuración biológica natural, demostraron que era posible realizar con esas aguas riegos intermitentes, a razón de 50 000 m.³ por hectárea y por año, en un terreno filtrante de 2.00 m. de espesor, concentrando las aguas de un día sobre una parte de los terrenos, a condición de que las del día siguiente se concentrasen en otra, es decir, siempre que se regulara convenientemente la rotación de los riegos, para no perturbar la continuidad de la acción depuradora, y se asegurara además la circulación de las aguas y la aeración de las tierras, por

los drenajes y el laboreo. (1) Pero la Ley del 4 de Abril de 1889, que autorizó los trabajos para la utilización agrícola de las aguas de alcantarillado de la ciudad de París, estableció la proporción máxima de 40 000 $m.^3$ por hectárea y por año y que los riegos debían ser hechos sobre tierras cultivadas y en forma que no se produjeran estancamientos de agua; obligaciones legales, que agregadas a las dificultades derivadas de la necesidad de contemplar los intereses de los agricultores, impusieron la creación de los llamados "dominios municipales" y la ejecución de "riegos intensivos", al mismo tiempo que la adopción de la forma de riego por infiltración, con carácter general.

En cada región de irrigación la ciudad compró una cantidad de terreno, que arrienda a particulares, dividida en fracciones o chacras, por períodos más o menos largos, previa licitación pública, con la obligación de efectuar determinados riegos, de modo que la naturaleza de los cultivos estén supeditados a ellos, asegurándose así la utilización de un volúmen mínimo de aguas, sobre todo en las épocas en que los agricultores de las inmediaciones, con tierras propias, que también hacen uso de las aguas, no tienen interés en hacer empleo de ellas. Los arrendatarios de esos dominios municipales están obligados a someter todos los años a las autoridades competentes, los planes anuales de cultivo. No obstante todas las prescripciones de los contratos, en la práctica siempre sobrevienen dificultades para la realización de los riegos, originadas por los encontrados intereses de la Administración y los agricultores, dificultades que en gran parte contribuyen a resolver los "riegos intensivos."

Estos riegos se practican sobre tierras que la autoridad municipal se ha reservado para sí y sobre parte de las arrendadas, bien determinadas en los contratos, que esa autoridad retira a los arrendatarios anualmente, de noviembre a mayo. Sobre las primeras la Municipalidad riega intensamente, respetando sin embargo las cláusulas legales, es decir, la dosis anual de 40 000 $m.^3$ por hectárea y año y vertiendo las aguas sobre terrenos cultivados; generalmente viveros de álamos, que admiten riegos irregulares y no exijen muchos gastos por concepto de laboreo, operación que debe acompañar siempre a los riegos intensivos. En los terrenos que se retiran a los arrendatarios, los riegos se hacen sobre las tierras sin cultivar, pero realizando laboreos contínuos. La falta de cultivos durante un semestre no se considera circunstancia grave tratándose de terrenos que serán cultivados por los arrendatarios durante el resto del año. Como los prados o terrenos de pastoreo permiten riegos intensivos durante todo el año, a condición de que durante el verano no se reduzcan por debajo de un cierto límite, la Municipalidad autoriza a los arrendatarios de sus dominios a dedicar una parte de cada chacra con ese objeto, solución que aceptan ellos con agrado pues les permite criar ganado vacuno y aumentar sus ingresos con la venta de la leche y sus derivados, y que asegura el tratamiento de volúmenes importantes.

Los riegos se realizan en las propiedades municipales, tanto de día como de noche, durante todo el año. Si los particulares lo desean, también se hacen riegos nocturnos en sus terrenos.

(1) Experiencias posteriores de laboratorio y prácticas, demostraron que podría llegarse a depurar hasta 200 000 $m.^3$ por hectárea y por año en los mismos terrenos

En la cabecera de las canalizaciones de distribución de cada región de regadío hay una casa o cámara de válvulas, para regular los caudales que se tratan. En la localidad de Herblay, río por medio del Parque de Achères, hay una casa de válvulas principal que cuenta con aparatos indicadores y registradores de los caudales totales que pasan a los distintos campos de regadío. El caudal parcial derivado sobre cada chacra en un día, se deduce por el número de horas que han permanecido abiertas las bocas de riego y el número de vueltas dadas al vástago de cada válvula. Las válvulas fueron aforadas con ese objeto. El control de los caudales tratados y la recolección de datos estadísticos están a cargo de los Agentes municipales encargados de la vigilancia de las operaciones y el cumplimiento de los contratos.

Según los informes que hemos recogido, en un año de temperaturas y lluvias normales desde el 15 de junio al 1.° de octubre (verano) se realizan riegos abundantes con fines agrícolas, en los dominios municipales, por exigirlos los cultivos; desde el 1.° de octubre al 1.° de febrero (otoño y parte de invierno) los riegos con fines agrícolas son moderados, aumentando los inten sivos y los riegos sobre las tierras de los particulares que los solicitan; del 1.° de febrero al 1.° de mayo (comienzo de la primavera) los rieges con fines agrícolas son débiles, adquiriendo los intensivos gran preponderancia; del 1.° de mayo al 15 de junio (fin de la primavera) los riegos con fines agrícolas son moderados o abundantes, según el estado del tiempo. Si se tiene en cuenta que las épocas en que los agricultores no desean agua para riego coinciden con las épocas en que el Sena tiene caudales apreciables, se deduce que cuando no hay posibilidad de tratar la totalidad de las aguas que llegan de la ciudad es siempre posible hacer descargas directas al río sin que se produzcan grandes inconvenientes; lo que es una condición local ventajosa del sistema de depuración biológica natural.

A causa de los riegos la napa freática habría tendido a elevarse en las capas permeables de los terrenos, en forma más o menos importante según las condiciones de cada región, la constitución de las tierras, la extensión de la napa, la forma de discurrimiento, etc., pero los técnicos eliminaron esa dificultad construyendo drenajes apropiados. Los drenajes realizados por la Municipalidad de Paris en sus campos de irrigación son de cielo abierto o subterraneos. Los primeros constituyen en el Parque de Achères, sobre todo, una red de acequias que dan al conjunto un aspecto decorativo muy interesante, pero de conservación onerosa debido al desarrollo de yuyos en los taludes. Los drenes cubiertos están constituídos por tubos de hormigón comprimido de diámetro no mayor de 40 cm y están colocados a una profundidad máxima de 2.00 m. La profundidad y la pendiente de cada dren depende de la cota de la boca de descarga en el río. Los drenajes tienen cámaras de visita de distancia en distancia, para facilitar su limpieza.

La experiencia ha demostrado que la importancia de la elevación de la napa freática a consecuencia de los riegos, no puede preverse de antemano de manera precisa, siendo conveniente ejecutar los drenes después de realizados los riegos y conocido el nuevo régimen de la napa, eliminando sus efectos perjudiciales. En la región de Méry - Pierrelaye apesar de los drenajes reali-

zados, la napa freática llegó a inundar algunos zótanos en la aldea de Pierrelaye y a contaminar algunos pozos de agua potable. Con el fin de evitar reclamaciones se creó por decreto, alrededor de cada localidad vecina a los campos de regadío, un perímetro de protección, dentro del cual no es posible hacer irrigaciones.

De acuerdo con los aforos realizados, hasta el 40 °/o de los caudales tratados pasa a los drenes; el resto es absorbido por los vegetales o se pierde por evaporación.

El cuadro N.° 12 permite tener una idea de las áreas destinadas a regadío, el desarrollo de las redes de distribución de aguas residuales en los campos de irrigación, el número de bocas de riego y la longitud de los drenajes construídos.

CUADRO N.° 12

Características principales de los campos de regadío de la ciudad de Paris

REGION	Areas totales de irrigación Ha.	Dominios municipales Ha.	Terrenos particulares Ha.	Longitud de las redes de distribución Km.	Número de las bocas de riego	Longitud de los drenes Km.
Gennèvilliers	767	6	761	54	632	11
Achères.	1366	1200	166	55	465	54
Méry - Pierrelaye	2010	500	1510	92	1133	32
Carrières - Triel	950	85	865	52	640	14
	5093	1791	3302	253	2870	111

Apesar de disponerse de 5093 hectáreas para irrigaciones, la cantidad de aguas residuales recogidas en el alcantarillado de Paris es a veces tal, que no puede ser conducida sobre los campos de riego en su totalidad. Hay varios proyectos de depuración biológica artificial en estudio para subsanar este inconveniente. Actualmente se hacen descargas directas al Sena en la usina de Clichy, cuando los caudales recogidos sobrepasan la capacidad de las instalaciones de depuración.

En los terrenos particulares las aguas son utilizadas a gusto de los propietarios, estando a cargo de los peones camineros la maniobra de las compuertas y las instalaciones de distribución.

Los agricultores con tierras propias cultivan las especies que más les conviene, sin control municipal álguno, prefiriendo felizmente el cultivo de las hortalizas, que exigen en general, mucha agua (1). Los agricultores de los dominios municipales, hacen cultivos variados de acuerdo con los planes apro-

(1) Prescripciones municipales de higiene, prohiben los cultivos de hortalizas destinadas a comerse crudas en los campos irrigados con aguas de alcantarillados.

bados anualmente por las autoridades competentes; prefiriendo naturalmente como los otros, el cultivo de hortalizas por ser más remunerador. Las especies de hortalizas más cultivadas son: papas, remolacha de forraje, remolacha para hacer azúcar, zanahorias, nabos, puerros, alcahuciles, porotos, habas, apio, cebollas, espinacas, chauchas, alverjas, espárragos, etc. Las áreas destinadas a prados de pastoreo alcanzan al 50 °/。 en algunos dominios y al 15 °/。 o más, las áreas dedicadas a cereales y forrajes; de preferencia avena, trigo, maíz común, alfalfa, trébol y maíz verde.

Como dato complementario consignaremos que los prados permiten riegos muy intensos, siguiéndole en órden decreciente los viveros de árboles, los plantíos de hortalizas y en último término los cereales.

Cada chacra de un dominio municipal cuenta con un conjunto de viviendas obreras importantes, dotadas de agua potable, servicios higiénicos y luz eléctrica, galpones para depósitos, establos, etc. Los contratos de arrendamiento exigen a los arrendatarios las instalaciones telefónicas necesarias para comunicar sus viviendas, o las de sus representantes, con los locales que ocupan los funcionarios encargados de la vigilancia y control municipal, para que puedan recibir en todo momento las órdenes de servicio.

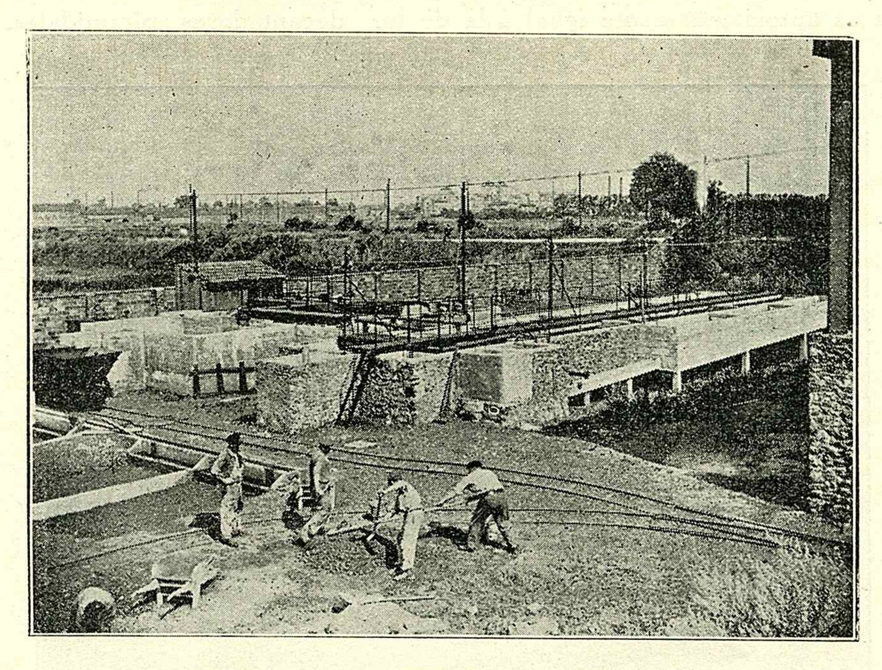
Los dominios municipales cuentan con un sistema excelente de caminos interiores de más de 20 Km. de extensión, que facilita el desarrollo de las tareas agrícolas. La región de Achères cuenta con un ferrocarril de trocha angosta, de más de 15 Km. de extensión, que la une con las estaciones de ferrocarril vecinas. Los caminos principales están perfectamente arbolados.

Los resultados obtenidos con la depuración biológica natural en los campos de irrigación de la ciudad de Paris, desde el punto de vista higiénico, son excelentes. El efluente recogido en los drenajes es transparente, con reducido contenido de materias orgánicas y bacterias El Laboratorio de Higiene Municipal controla regularmente los resultados de la depuración que se realiza. Desde el punto de vista económico general, los resultados han sido igualmente buenos: la población de las regiones de regadío se ha duplicado y el valor de las tierras se ha quintuplicado a consecuencia de los riegos intermitentes con las aguas residuales de la ciudad. Los beneficios directos que el Municipio de Paris recibe de sus dominios, no son importantes debido a que el régimen de riegos en ellos está supeditado a las necesidades de la depuración de las aguas. Por esa misma causa no se ha podido fijarles un valor a los caudales cedidos a los agricultores particulares, pero se estudia la posibilidad de terminar con la cesión gratuita. Indirectamente el Municipio de Paris se beneficia de los riegos con un mejor aprovisionamiento de sus mercados y el tributo comercial de las regiones vecinas ricas, que ha creado con la depuración agrícola de sus aguas residuales. El Estado se beneficia además con los aumentos de los impuestos inmobiliarios derivados del mejoramiento de las tierras.

b) Depuración biológica artificial

Como ya se dijo, en ciertas épocas del año las instalaciones para la depuración biológica natural de las aguas residuales de París son insuficientes, lo que obliga a hacer descargas directas al Sena. Las autoridades municipales

para remediar esa situación anómala tienen en estudio la prolongación del emisario general actual y la construcción de otro entre la usina de Colombes y la llanura de Achères, la creación de nuevos terrenos de regadío y la construcción de instalaciones de depuración biológica artificial, a cuyo efecto establecieron después de la guerra, en la usina de Colombes, una instalación experimental de depuración por medio de los barros activados, complementaria de las instalaciones de decantación y lechos percoladores, de mayor amplitud, situados en Carrières - Triel y Méry - Pierrelaye, que funcionan desde 1912. Desde Abril de 1928 la ciudad se hizo cargo del funcionamiento y conservación de las instalaciones de depuración biológica artificial (usinas elevadoras, campos de regadío, lechos percoladores e instalaciones de barros activados) de



(FIG. 99)

Ciudad de Paris. — Vista de las instalaciones "Activated Sludge y Co." y "Simplex" de la estación experimental de Colombes.

la región de Creteil, pertenecientes al Departamento del Sena, aumentando así el número de las plantas de estudio.

Las instalaciones existentes en Colombes son:

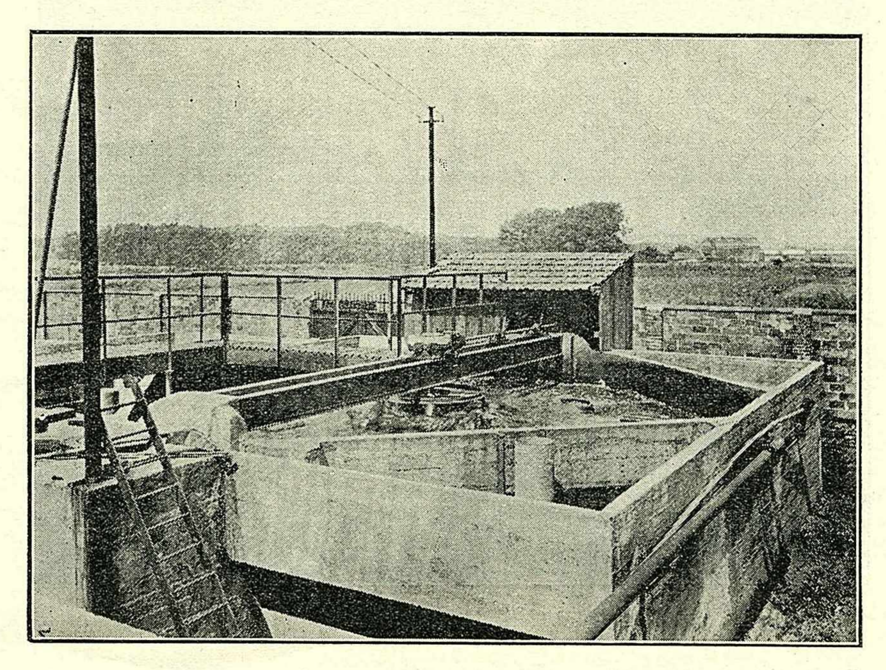
1 tanque de sedimentación preliminar de forma piramidal, Fig. 95.
1 tanque de sedimentación preliminar, sistema Dorr, Fig. 96.
1 instalación para la depuración por medio de barros activados sistema Lamy, Fig. 97.
1 instalación para la depuración por medio de barros activados sistema Activated Sludge C.° Figs. 98 y 99.
1 instalación para la depuración por medio de barros activados sistema Simplex, Figs. 100 y 101.

Las instalaciones de Colombes están a cargo de los Agentes de las casas poseedoras de las patentes de invención de los dispositivos, y funcionan bajo el control de las autoridades municipales.

Como se trata de instalaciones de tipos y características similares a otras instalaciones de carácter definitivo construídas en otras ciudades, que se describirán en este informe, nos limitaremos a consignar los resultados principales obtenidos.

Los ensayos realizados con el decantador piramidal han demostrado que es posible obtener una reducción del 45 °/₀ de las materias en suspensión, con aguas que contienen hasta 270 milígramos por litro.

Los ensayos realizados con el decantador Door han demostrado que su eficacia es aproximadamente igual a la de los decantadores piramidales. Los



(FIG 101)

Ciudad de Paris. — Vista de la instalación "Simplex" de la estación experimental de Colombes.

gastos de explotación son más elevados, por el consumo de energía para accionar las rastras, pero los gastos de construcción son menores, debido a su menor profundidad, en la generalidad de los casos.

Desde los primeros ensayos se comprobó que los efluentes de las instalaciones de los sistemas "Activeted Sludge C.°" y "Simplex" eran de una calidad superior a la que sería necesario obtener para poder vertirlos en el Sena sin inconvenientes, siendo la opinión de los técnicos municipales encargados del control, ampliamente favorable a ambos sistemas. La instalación

Simplex resultó ser de funcionamiento más económico, resultado concordante con otros que nos proporcionaron durante nuestra gira.

El consumo de aire por metro cúbico de agua tratada en el tanque de bío-aeración de las instalación "Activated Sludge C.o" es, término medio, de seis metros cúbicos. La cantidad de barros activados usada es igual al 10 °/o del volúmen de agua tratada, medido después de una hora de reposo. (1) El período de aeración de las aguas es, término medio, de 6 horas.

El período de agitación de las aguas en el tanque Simplex es de 8 horas.

Cuando el informante visitó las instalaciones experimentales de Colombes, sólo funcionaba la del sistema Activated Sludge Co. El agua tratada era bastante mala, sin embargo el efluente era límpido, incoloro, inodoro y, según los encargados del control, imputrescible.

Las instalaciones de la estación experimental de depuración de Carrières-Triel fueron ubicadas en la extremidad del emisario general que alimenta los campos de regadío, con el objeto de ensayar en gran escala la eficacia de los lechos percoladores y tener un recurso para desembarazarse de las aguas que por una causa cualquiera no pudieran vertirse sobre dichos campos. Debido a esto las instalaciones están expuestas a recibir frecuentemente caudales superiores a los normales. Las instalaciones han sido construídas para tratar 10 000 $m.^3$ por día.

Constan de un depósito regulador, un tanque de sedimentación y diez lechos percoladores a los que pueden agregarse las parcelas destinadas al escurrimiento de los barros.

El depósito regulador A, Fig. 102, tiene una capacidad de 10 000 $m.^3$ y está dividido en 2 compartimentos iguales que pueden ser alimentados indistintamente por las tuberías de distribución de las zonas baja y alta de la región de Carrières-Triel. Dos válvulas de compuerta comandadas por flotadores y dispuestas en una cámara de equilibrio B, regulan el acceso de las aguas, impidiendo que se produzcan desbordamientos, y otras dos válvulas de compuerta ordinarias regulan el pasaje de las aguas a los compartimentos del depósito regulador. En otra cámara C hay cinco válvulas de compuerta: dos para regular el pasaje de las aguas del depósito a dicha cámara, una para regular el pasaje de esta cámara al tanque de sedimentación, una para controlar el acceso directo de las aguas de la zona baja a la cámara y una para la descarga de los barros que pudieran acumularse. Como se vé, es posible hacer pasar las aguas de la zona baja directamente al tanque de sedimentación, lo que se hace en casos de emergencia. Los fondos de los dos compartimentos son de forma piramidal, de manera que los sedimentos puedan acumularse en el centro y pasar fácilmente por gravitación a los lechos de escurrimiento.

---

(1) Como se sabe, es corriente expresar la cantidad de barros activados que se mezclan con las aguas a depurar, en base al volúmen de ellos que en una hora se deposita en una probeta que se ha llenado previamente con el líquido proveniente del tanque de decantación final, tomado a la entrada del tanque de aeración. Al expresar que la proporción de barros usada es de 10 °/o medido después de una hora, se quiere significar que después de ese intervalo de tiempo, el volumen ocupado por los barros sedimentados en la probeta equivaldrá al 10 °/o del volúmen de líquido retirado a la entrada del tanque de aeración.

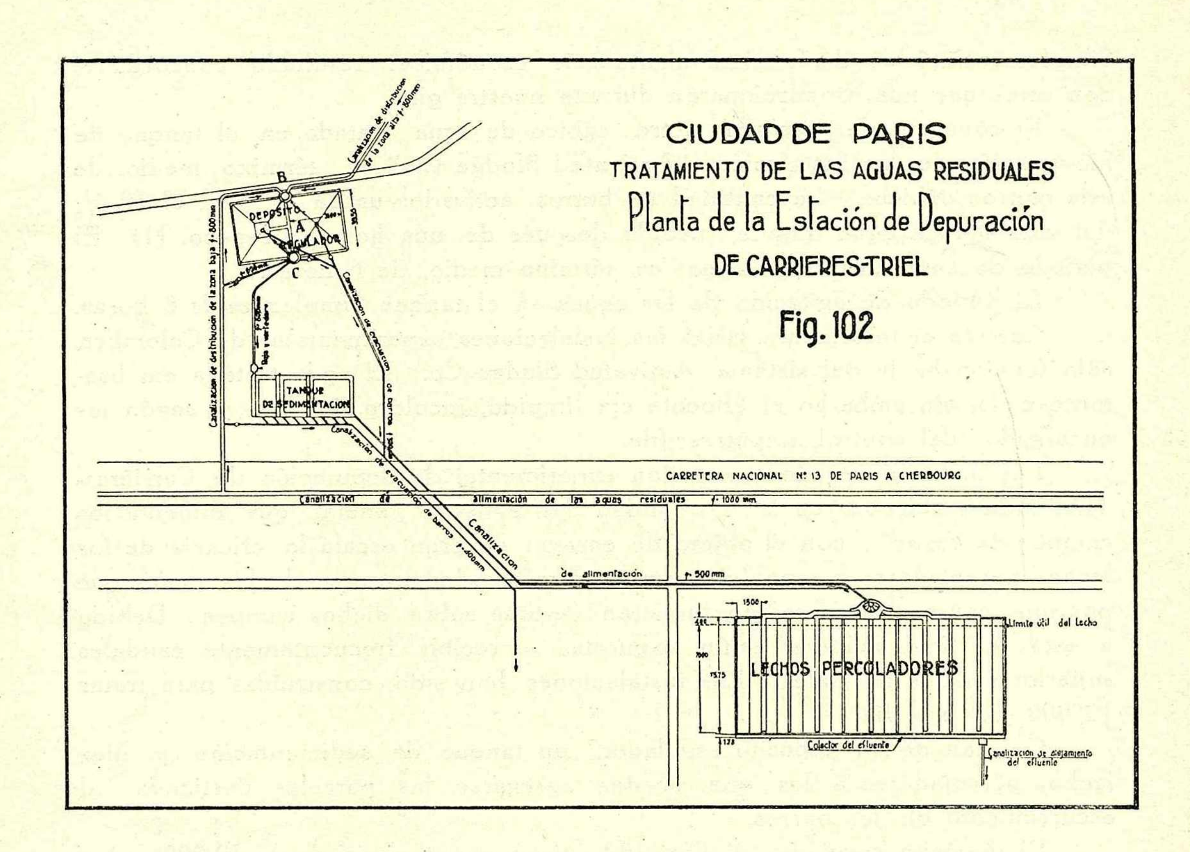


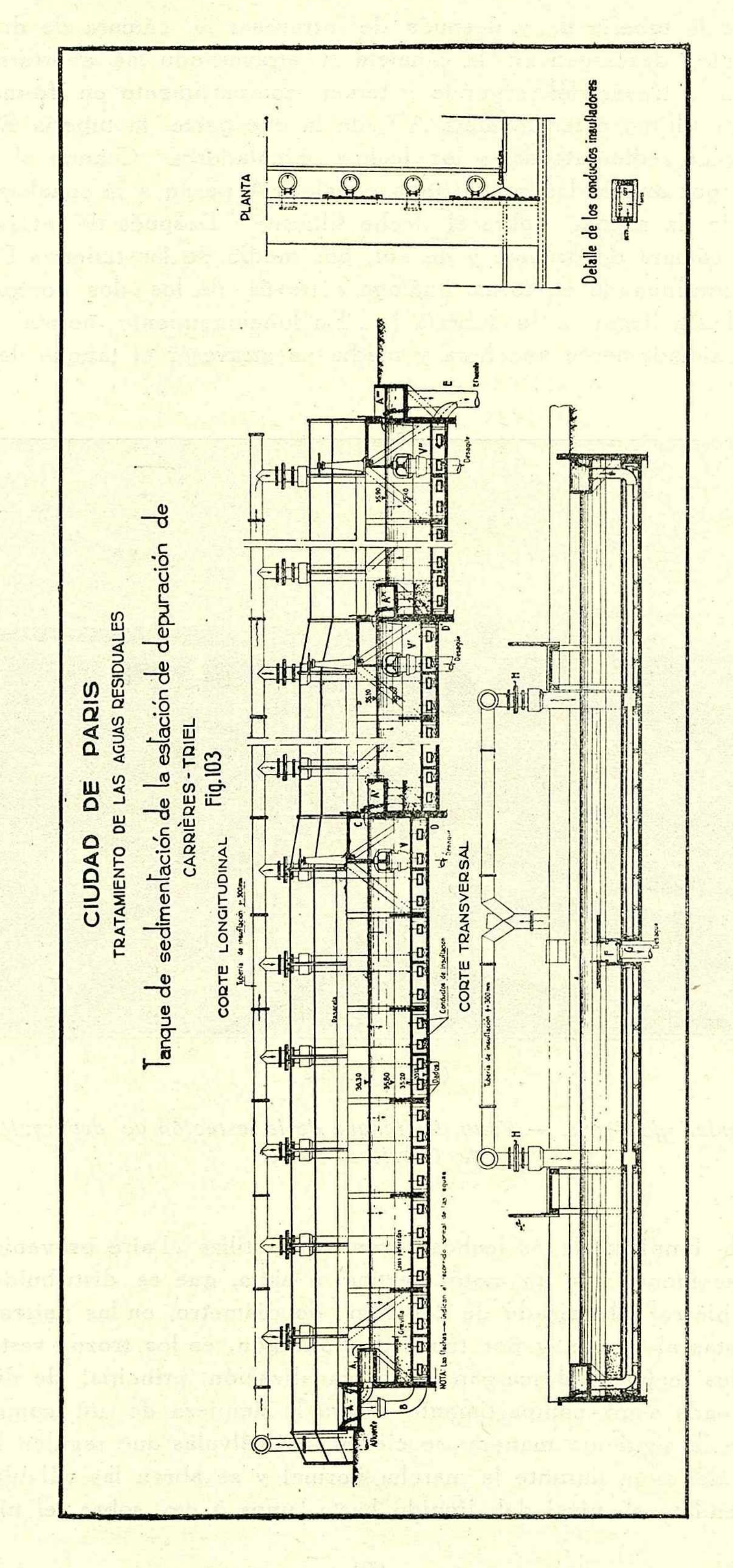
Fig. 102

Del depósito regulador pasan las aguas al tanque de sedimentación por medio de un canal en el que hay emplazados una pequeña reja inclinada a 45.°, de barrotes separados 2 cm., y un vertedero para apreciar los caudales.

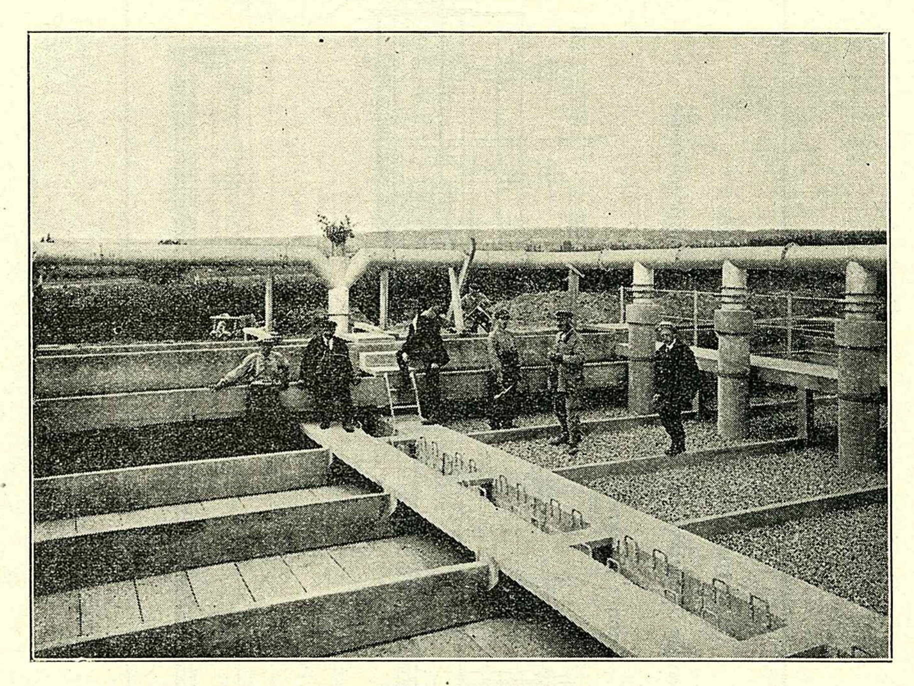
El tanque de sedimentación, Figs. 103 y 103 bis, tiene una longitud total de 50.00 m. y un ancho de 18.00 m. Está dividido en tres compartimentos que tienen 200, 300 y 400 m.² de superficie y que trabajan normalmente en serie. Cada compartimento está dividido longitudinalmente por un canal de evacuación y transversalmente en secciones o celdas, por muretes de hormigón armado. Dentro de cada celda hay una capa de 30 cm. de espesor, de cantos rodados de 3 a 4 cm. de diámetro, que se apoya en losas de hormigón armado perforadas, que constituyen el recubrimiento de las cámaras de drenaje de las celdas, en donde van emplazadas las canalizaciones de distribución del aire destinado a la limpieza del lecho filtrante.

El tanque de sedimentación es de alimentación reversible, es decir, que puede ser alimentado por arriba o por abajo Desde hace un tiempo la alimentación se hace por abajo por haberse comprobado que el rendimiento es el mismo que trabajando a la inversa y las aguas atraviesan la capa filtrante con mayor uniformidad. Por medio de simples válvulas de charnela con asientos de goma y compuertas de chapa de palastro, se cierran las aberturas innecesarias en cada caso.

El tanque de sedimentación, cuando es alimentado por abajo funciona así: las aguas llegan por la canaleta A, Fig. 103, al primer compartimento, des-


CIUDAD DE PARIS
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
Tanque de sedimentación de la estación de depuración de
CARRIÈRES - TRIEL
Fig. 103
CORTE LONGITUDINAL
CORTE TRANSVERSAL
PLANTA
Detalle de los conductos insufladores

cienden por la tubería B, y después de atravesar la cámara de drenaje y el lecho filtrante, descargan en la canaleta A' atravesando las aberturas C. Las aguas pasan a través del segundo y tercer compartimento en forma análoga, llegando por último a la canaleta A''', de la que parte la tubería E que conduce las aguas sedimentadas a los lechos percoladores. Cuando el tanque es alimentado por arriba, las aguas de la canaleta A pasan a la canaleta A_1 y por desborde de la misma, sobre el lecho filtrante. Después de atravesar éste pasan a la cámara de drenaje y de allí, por medio de las tuberías D, a la canaleta A'; continuando en forma análoga a través de los dos compartimentos restantes, hasta llegar a la tubería E. En funcionamiento normal las aguas tardan aproximadamente una hora y media en atravesar el tanque de sedimentación.



(FIG. 103 bis)

Ciudad de Paris. — Vista del tanque de la estación de depuración de Carrieres - Triel

Para la limpieza de los lechos filtrantes se utiliza el aire proveniente de un ventilador accionado por un motor vertical a nafta, que es distribuído por una tubería de hierro galvanizado de 250 mm. de diámetro, en las partes en elevación expuestas al viento, y por tubos de hormigón, en los trozos verticales que atraviesan los lechos y descargan en la canalización principal de distribución de aire de cada semi - compartimento. Para la limpieza de un compartimento se opera de la siguiente manera: se cierran las válvulas que regulan la entrada y la salida del agua durante la marcha normal y se abren las válvulas V para hacer descender el nivel del líquido hasta unos 5 cm. sobre el nivel de la

gravilla, y las compuertas F y válvulas G (ver corte transversal) para permitir el acceso de las materias removidas durante la limpieza al canal de evacuación y al desagüe. Luego se introduce el aire a presión destinado a remover el lecho y producir el alejamiento de las materias removidas. El aire se introduce en una celda por vez, accionando las placas obturadoras H. La insuflación se manifiesta por un burbujeo intenso de la superficie del líquido y un levantamiento de su nivel que permite el alejamiento de las inmundicias removidas; esa operación se continúa por 2 o 3 minutos en cada celda. La limpieza de cada compartimento del tanque de sedimentación exige de una a tres horas según la superficie del compartimento. El primer compartimento, de área menor, se limpia regularmente cada tres días, el intermedio cada cinco días y el último cada ocho días.

Según los informes que hemos recogido, el tanque de sedimentación puede retener hasta el 90 °/₀ de las materias en suspensión en las aguas, cuando está limpio, reteniendo un 55 °/₀ cuando está sucio. La cantidad de aire insuflado para limpiar un compartimento no ha sido apreciada por no contarse con un aparato de medición.

Las materias removidas en la limpieza del tanque de sedimentación son conducidas hasta unas zanjas o fosos de poca profundidad y gran superficie, que sirven de lecho de escurrimiento o desecación.

Los lechos percoladores están emplazados en un terreno próximo a las instalaciones descriptas, situado al otro lado de la Carretera Nacional de París a Cherbourg. Tienen 70.00 m. de largo por 15.00 m. de ancho cada uno y una superficie total de 10 500 $m.^2$. Con excepción de la mitad de uno de los lechos, que está constituída por coke partido, los lechos están formados por escorias, en trozos cuidadosamente elegidos de 4 a 6 cm. en las capas inferiores y de 2 a 2.5 cm en las superiores. La altura de los lechos es de 1.55 m. Están contorneados por un muro lleno, de 11 cm. de espesor en la cabecera y partes laterales, y por un muro de igual espesor, con barbacanas, en la parte posterior. El material que constituye los lechos descansa sobre un fondo impermeable de hormigón en forma de diente de sierra, de suaves declividades, sobre el que están dispuestos los drenes de evacuación de las aguas depuradas. Los drenes están dispuestos como las espinas de los peces y descargan en un canal que corre al pié del muro posterior. Ese canal está revestido de baldosas blancas vidriadas y en su extremidad más baja tiene un vertedero para aforos. De ese canal arranca la cañería que conduce el efluente de los lechos directamente al Sena. (1)

Las aguas del tanque de sedimentación llegan por una canalización de 50 cm. de diámetro a una cámara de entrada de donde son distribuídas a los canales de alimentación de los lechos, por medio de compuertas. La distribución de las aguas sobre los lechos se hace por medio de aparatos de desplazamiento automático en dos direcciones opuestas (aparatos de ida y vuelta) Fig. 104. Estos aparatos constan de un "chassis" metálico A, que se des-

(1) En Carrières - Triel no se ha juzgado necesaria la decantación final, pues el efluente de los lechos percoladores es de mejor calidad que las aguas del mismo río frente a ese paraje.

plaza sobre 3 rieles paralelos, situados longitudinalmente en el eje y los lados de cada lecho, por medio de 4 ruedas. En la parte superior hay un cajón o recipiente B, dividido en dos compartimentos C — C', cada uno de ellos en comunicación con una de las dos turbinas hidráulicas D — D', que constituyen los órganos motores de los aparatos. Cada turbina descarga sobre una de las canaletas de distribución E — E', suspendidas de los brazos F — F' del "chassis". El agua a distribuirse sobre los lechos llega por sifonaje a través del tubo T y cae en uno de los compartimentos C, pasando de allí a la turbina respectiva y después de ponerla en movimiento, y con ella a todo el aparato, pasa a la canaleta de distribución correspondiente y de ella al lecho, atravesando los orificios de salida; de modo que en cada desplazamiento

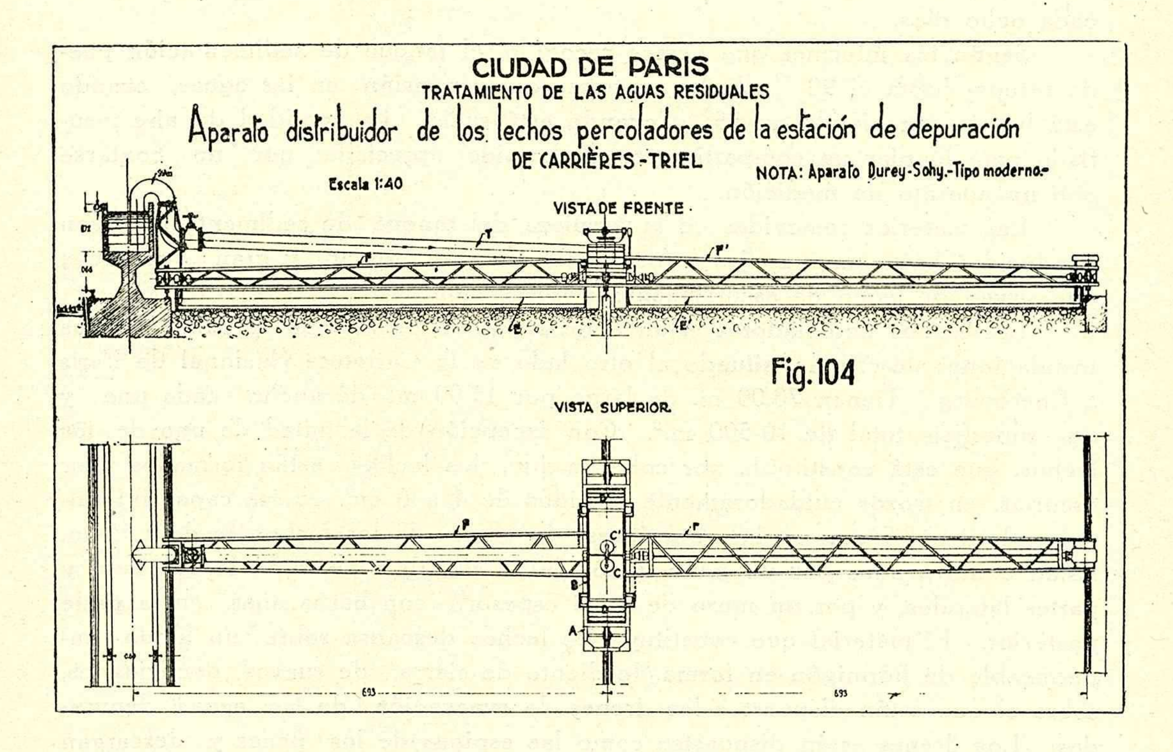
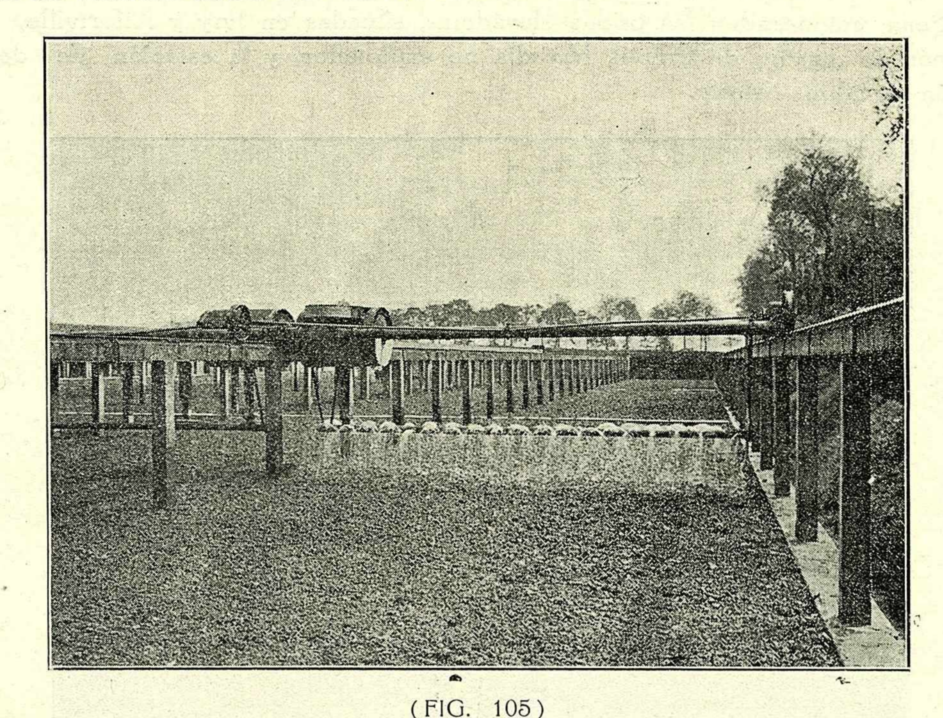


Fig. 104

no se riega más que una mitad de cada lecho, obteniéndose así la intermitencia necesaria para lograr una buena depuración. Al llegar al fin de una carrera un dispositivo especial choca con un tope, produciendo el cambio necesario en la alimentación de los compartimentos C y la inversión del movimiento del sistema. La velocidad media de los aparatos distribuidores es de 0.25 m. por segundo. Pueden distribuir hasta 42 litros por segundo. La Fig. 105 representa un aparato tipo Lajotte, de la casa A. Laffly, en funcionamiento. La marcha de los aparatos de ese tipo se efectúa en la forma descripta, pero los órganos están dispuestos de otra manera que en los aparatos del tipo Durey - Sohy representado en las Figs. 104 y 106. A juicio del Ing.° Julien, Jefe de la estación de Carrières - Triel, los aparatos Durey - Sohy son superiores a los Laffly. Según el mismo técnico, los aparatos distribuidores han dado muy buenos resultados, apesar de tener el inconveniente de descarrilar los

días de fuerte viento y exigir una conservación esmerada de los cojinetes (que se deterioran con cierta facilidad) y el recambio, de tiempo en tiempo, de las canaletas de distribución, cuyos agujeros suelen obstruírse y corroerse debido a la naturaleza de las aguas. Los entramados metálicos y las tuberías deben pintarse una vez por año, por lo menos.

Actualmente se tratan normalmente en los lechos percoladores de Carrières - Triel hasta 14 000 m.^{3} por día, o sea 860 litros por m^3 de lecho, o 1330 litros por m.^{2}. Las observaciones realizadas permiten afirmar que podría tratarse un volúmen doble sin inconvenientes.



(FIG. 105)

Ciudad de Paris — Aparato distribuidor «tipo Lajotte» de la estación de depuración de Carrieres - Triel.

Las aguas que llegaban de la usina de Colombes el día que el informante visitó las instalaciones de Carrìerres - Triel eran bastante malas, sin embargo el efluente era límpido, ligeramente ambarino, inodoro, y según los encargados de la estación, imputrescible. Las aguas provenientes de algunos drenes aislados traían materias en suspensión abundantes.

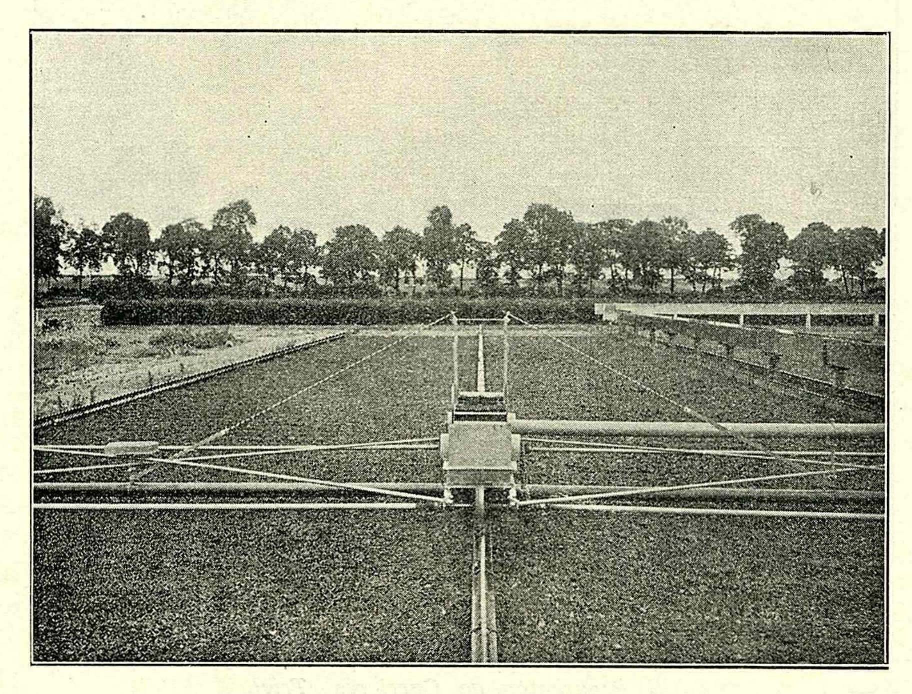
La cámara de entrada y los canales de distribución son de hormigón revocado con mortero de cemento y no muestran el más ligero signo de alteración.

Los lechos son carpidos o rastrillados contínuamente para evitar las colmataciones, cuyo emplazamiento es fácil individualizar cuando han adquirido cierta importancia, por los estancamientos de agua que originan en la superficie de los lechos. El carpido evita además la presencia de yuyos que se des-

arrollan abundantemente. La vigilancia de los aparatos distribuidores exige la presencia de personal durante las 24 horas del día en la estación.

Las instalaciones de depuración biológica artificial de Méry - Pierrelaye están constituídas por un depósito regulador, un lecho percolador circular, de 15.00 m. de diámetro, con aparato de distribución a brazo giratorio y un lecho percolador rectangular de 15.00 por 50.00 m, con aparato de distribución de ida y vuelta. Tienen una capacidad de 2 000 m.^{3} por día. No tienen ninguna característica digna de mención.

Las instalaciones de la región de Créteil, pertenecientes al Departamento del Sena, comprenden las usinas elevadoras, situadas en Ivry y Alfortville, los campos de regadío de Créteil, hoy día no explotados, y la estación de depuración de Mont - Mesly.



(FIG. 106)

Ciudad de Paris. — Aparato distribuidor «tipo Durey - Sohy» de la estación de depuración de Carrieres - Triel.

Las usinas elevadoras levantan normalmente las aguas residuales a dicha estación de depuración, y en épocas de crecientes, directamente al Sena, evitando los efectos de las inundaciones. No tienen ninguna característica digna de destacarse.

Las aguas que se tratan en Mont - Mesly provienen del Ivry, población donde hay bastantes industrias; de Vitry, donde hay más establecimientos industriales aún; y de Alfortville, donde la población es muy densa y el consumo de agua potable reducido; pudiéndose, por lo tanto, clasificar esas aguas como bastante cargadas. Son sin duda alguna más cargadas que las aguas

tratadas en los campos de regadío y en las instalaciones de depuración biológica artificial de Carrirères - Triel.

Las aguas que llegan a Mont - Mesly son recibidas en una cámara y de allí pasan a un tanque de sedimentación preliminar de 20.00 m. por 11.00 m. de lado y 2 00 m de profundidad. Los barros se descargan a una fosa especial, de donde los extrae una noria que los descarga en una tubería que los conduce a unas zanjas o fosos de desecación, similares a los de Carrières - Triel.

El efluente del tanque de sedimentación preliminar pasa a unas fosas sépticas antiguas, a cielo abierto, (1) que se utilizan actualmente como tanques de sedimentación secundaria, y de allí a los lechos percoladores o a los tanques de bio - aeración.

Hay diez y seis lechos percoladores; ocho, con un área total de 8 400 m.^{2}, alimentados con aparatos distribuidores de ida y vuelta, y ocho, con un área total de 12 600 m.^{2}, alimentados con pulverizadores fijos. La altura de los lechos es de 2.00 m. y el material filtrante está constituído por escorias en trozos de 4 a 2 cm. Los pulverizadores están dispuestos en tresbolillo, distando uno de otro en una misma fila 2.50 m., siendo la distancia entre filas de 2.50 m. también. Los pulverizadores son de un sistema similar al conocido en Norte América con el nombre de "Columbus", pero de construcción más sencilla. La carga mínima disponible sobre los pulverizadores es de 2.60 m. Los muros que contienen el material filtrante tienen 1.50 m. de altura y barbacanas de distancia en distancia. El efluente de los lechos percoladores de Mont - Mesly era límpido, ligeramente ambarino, aunque aparentemente inferior al de los lechos de Carrières - Triel. No nos fué posible obtener ninguna referencia sobre el volúmen medio tratado por metro cúbico de lecho percolador.

La instalación de barros activados es del tipo Sheffield, Fig. 107. Consiste en un tanque de bio - aeración, y cinco tanques de decantación. El tanque de bio - aeración tiene 60 00 m. de largo, 25.00 m de ancho y 1.50 m. de profundidad, alcanzando el líquido una profundidad de 1.33 m. El tanque está dividido por tabiques verticales en diez y ocho canales de 1.33 m de ancho, que en conjunto constituyen un canal ininterrumpido de más de 1 000 m. de longitud, que recorren las aguas después de recibir la proporción necesaria de barros activados.

Para provocar la mezcla de los barros y evitar la decantación de los mismos durante el recorrido, es necesario dar a las aguas una velocidad media de 0.50 m. por segundo, lo que se obtiene por medio de diez y ocho ruedas de paletas, caladas en dos árboles colocados a uno y otro lado de una pasarela que atraviesa todos los canales en su centro. Las ruedas de dos canales inmediatos giran en sentido inverso. El conjunto de ellas es accionado por dos motores eléctricos de 16 C. V. colocados en un local inmediato. Los motores trasmiten a los árboles su movimiento con la interposición de reductores de velocidad. Las ruedas dan unas 15 revoluciones por minuto. Según los datos que nos suministraron, el consumo total de energía alcanza a 30

---

(1) Hay veintidós fosas de esta clase.

kwh. El ángulo α de las paletas con sus brazos, es variable y debe ser fijado en cada caso, de acuerdo con el costo de la energía y la eficacia de la agitación de la masa líquida que se desee. Es indudable que si α fuera igual a 0° la agitación y el gasto de energía serían máximos y que para $\alpha = 90°$ la agitación y el gasto de energía serían mínimos.

Al atravesar las ruedas y en cada cambio de dirección de la masa líquida, se hace más íntima la mezcla de los barros y se producen cambios de las superficies expuestas al aire, favoreciéndose la aeración de dicha masa; mezcla y aeración necesarias, como es sabido, para obtener una buena depuración.

El efluente del tanque de bio-aeración pasa a los tanques de decantación, donde es recibido en un recipiente o balde suspendido en el interior

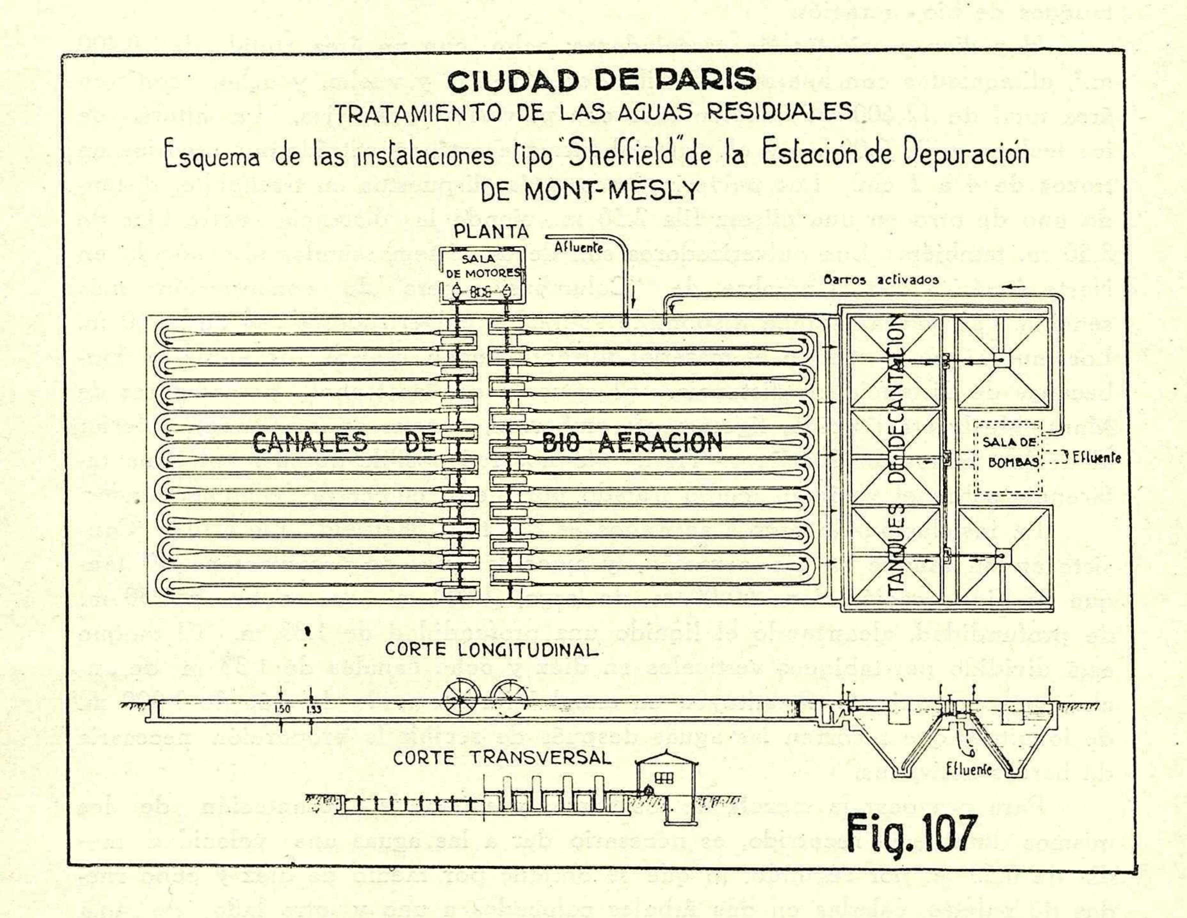


Fig. 107

de una caja de chapa de palastro, sin fondo, de sección cuadrada, dispositivos que reciben el nombre de "Clifford", y que tienen por objeto reducir la velocidad del líquido y dirigirlo suavemente hacia abajo.

Los tanques de decantación son de forma piramidal y tienen 8.00 m. por 8.00 m. de lado por 6.50 m. de profundidad. Las aguas los atraviesan desde el centro a la periferia con un movimiento ligeramente ascensional. El efluente es descargado directamente al Sena. Los barros decantados necesarios para el tratamiento (barros activados) son elevados por medio de bombas al

tanque de bio-aeración y los barros en exceso son elevados por las mismas bombas, a unas zanjas o fosos de desecación, inmediatos.

En las instalaciones de Mont-Mesly se comenzó tratando 100 m.³ de agua por hora, llegándose a tratar hasta 225 m.³ por hora, obteniéndose siempre un efluente límpido, incoloro, inodoro y, según los encargados de la estación, imputrescible.

Los técnicos de la ciudad de París encargados de los servicios de alcantarillado y depuración de las aguas residuales han realizado numerosas experiencias para la desecación de los barros recogidos en los tanques de sedimentación de las usinas de Clichy y Colombes con el objeto de suprimir la conducción por barcas, que es bastante onerosa. El único método que dió algún resultado fué el horno rotativo Devaux-Vernon para tratar los barros retirados de los lechos de escurrimiento que tenían de un 60 a 65 °/₀ de humedad. En el horno la humedad se reducía a un 30 °/₀, introduciéndose entonces los barros en un incinerador donde se quemaban, produciendo el calor utilizado para el secado en el horno. Ultimamente se ha desechado por poco económico ese método de eliminación de los barros, habiéndose iniciado en cambio otras experiencias sobre digestión de los mismos, en tanques sin calefacción interior y con ella, y disminución del grado de humedad por centrifugación.

Los técnicos mencionados han realizado también experiencias sobre cloración de las aguas residuales antes de depuradas para reducir los olores con resultados favorables. Se usaron dósis de hipoclorito hasta 7 gramos de cloro libre por metro cúbico de agua tratada (7 p. p. m.)

Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Estrasburgo

Las instalaciones de la estación de depuración de aguas residuales de la ciudad de Estrasburgo son muy incompletas y salvo los tamices móviles, se reducen a simples instalaciones de carácter experimental, capaces de tratar unicamente un pequeño porcentaje de los caudales recogidos por los emisarios. Por diversas razones, las autoridades no han dedicado al problema de depurar las aguas residuales la atención que su importancia requiere, apesar de la opinión en contrario de los técnicos.

Las aguas que llegan a la estación son frescas y ricas en oxígeno, debido a la frecuencia con que descargan las cámaras de limpieza de la red de alcantarillado. Pasan primero a través de dos tamices móviles gemelos, que permiten retener hasta un 10 °/₀ de las materias en suspensión, o sea algo más de 20 m.³ de sólidos por día, que se venden como abono a los agricultores de la región. Los tamices fueron concebidos y fabricados por el personal de la estación y están constituídos por una banda sin fin de chapa de acero de 2.5 mm. de espesor, perforada con agujeros de 2 mm. de ancho por 15 mm. de largo, separados entre sí 3 y 5 mm., según el ancho y la longitud de la chapa. Un cepillo cilíndrico giratorio, colocado en la extremidad superior del bastidor de cada tamiz, retira los resíduos recogidos por el mismo. Los cepillos son de piazaba. La velocidad de discurrimiento de las aguas

a través de los canales en cuyas extremidades están emplazados los tamices, es de 0.80 m. por segundo. Los tamices trabajan 16 horas diarias, pues durante ocho horas de la noche las aguas se descargan al río, sin tratamiento alguno. Cada tamiz está accionado independientemente por un motor de 3 C. V.

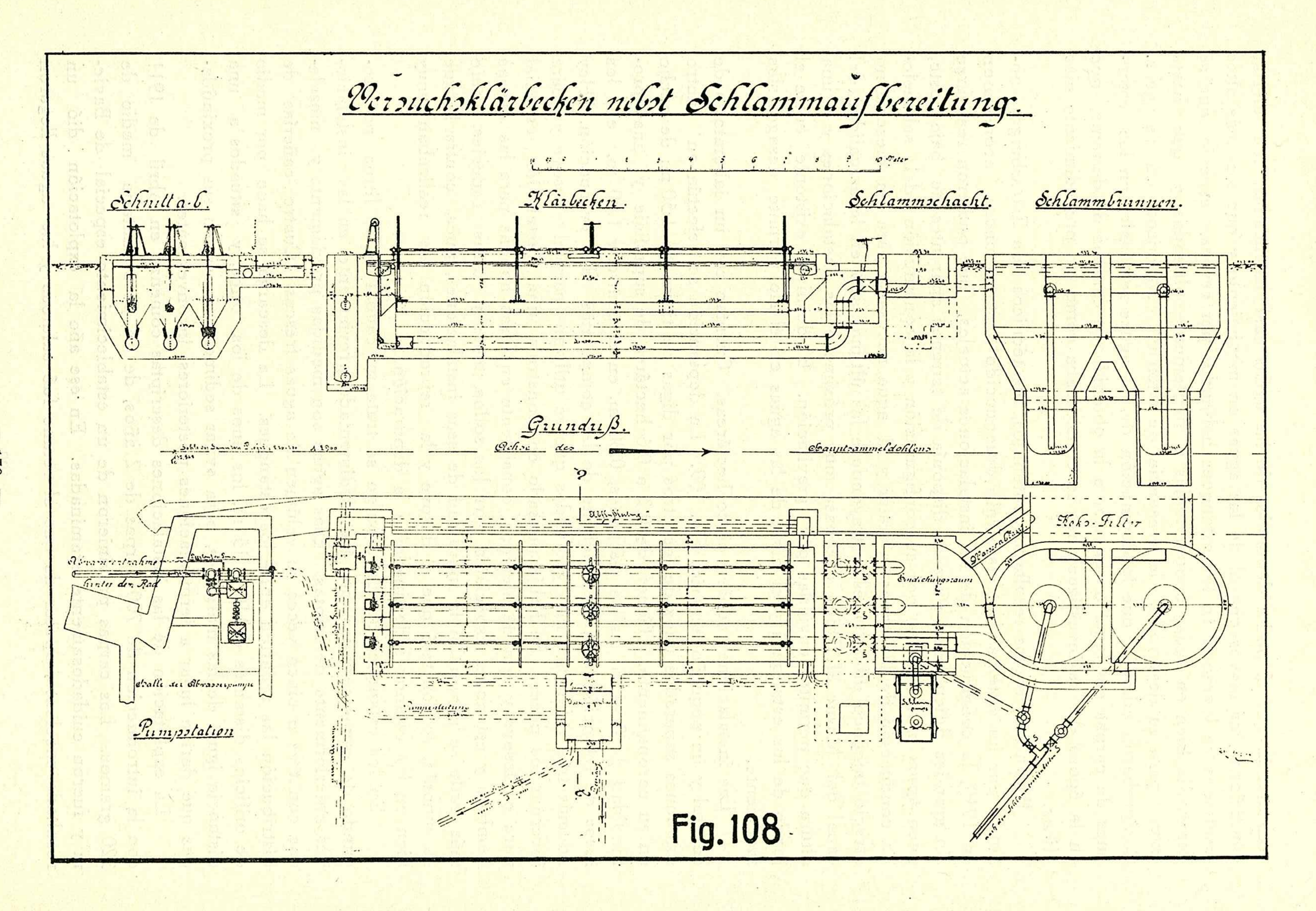
Después de atravesar esos tamices, un 6,5 °/₀ aproximadamente del caudal diario (3000 m.^{3}) pasa a través de un tanque de sedimentación de 100 m^3 de capacidad, de forma especial; el resto se descarga directamente al río. La velocidad de discurrimiento del líquido en dicho tanque es de 28 mm. por segundo y el período de sedimentación es de 7 minutos, en promedio. Los barros se acumulan en tres canaletas inferiores de sección circular, de 40 cm. de diámetro, Fig. 108, y se retiran cerrando las canaletas por medio de obturadores de madera, verdaderas vigas móviles, que se suben y bajan por medio de tornillos sin fin accionados por engranajes fijados a un árbol motor movido a mano. En esa forma no es necesario interrumpir la sedimentación para retirar los barros. Se han podido retener en este tanque hasta el 60 °/₀ de las materias en suspensión. Los barros frescos tienen un 88 °/₀ de agua La materia seca contiene un 53 °/₀ de materias orgánicas y un 12 °/₀ de materias grasas.

Los barros son tratados porteriormente en tanques o pozos de digestión de forma especial y luego secados sobre lechos de escurrimiento.

La opinión de los técnicos que tienen a cargo estas instalaciones no es favorable a ellas y puede descontarse, que el día que las autoridades se resuelvan a ejecutar obras en gran escala, se optará por alguno de los tipos modernos de instalaciones para tratamiento preliminar, que se describen en este informe.

Se completa la depuración del efluente del tanque de sedimentación, en lagunas o estanques de peces, construídos de acuerdo con las ideas preconizadas en 1909 por el Profesor Hofer, quien observó que los cursos de agua que tienen una velocidad muy reducida tienen un gran poder de depuración natural y estableció las condiciones fundamentales en que podían depurarse las aguas de alcantarillado dentro de estanques de débil corriente, bien poblados de especies vegetales y animales adecuadas. Según el Dr. Hofer era necesario que las aguas residuales sufrieran un tratamiento preliminar conveniente que redujera las materias sólidas en suspensión y que fueran mezcladas con aguas poco contaminadas en cantidades suficientes. Según el mismo técnico, no era posible obtener buenos resultados en estanques de superficie superior a una hectárea y debía prestarse preferente atención a todo lo relacionado con la selección, mantenimiento, desarrollo y reproducción de las especies vegetales y animales.

Los técnicos de Estrasburgo investigaron entonces las condiciones locales, teniendo en vista lo establecido por el Dr. Hofer, llegando a comprobar que las aguas del río Ill presentaban una contaminación menor en las partes del cauce de corriente reducida, donde los vegetales y animales acuáticos se desarrollaban en grandes masas. Más tarde contruyeron instalaciones de ensayo, con las que pudieron confirmar las aseveraciones del técnico citado,


Versuchsklärbecken nebst Schlammaufbereitung.
Schnitt a-b.
Klärbecken.
Schlammschacht.
Schlammbrunnen.
Grundriß.
Achse des Hauptsammeldohlens
Koks-Filter
Pumpstation
Fig. 108

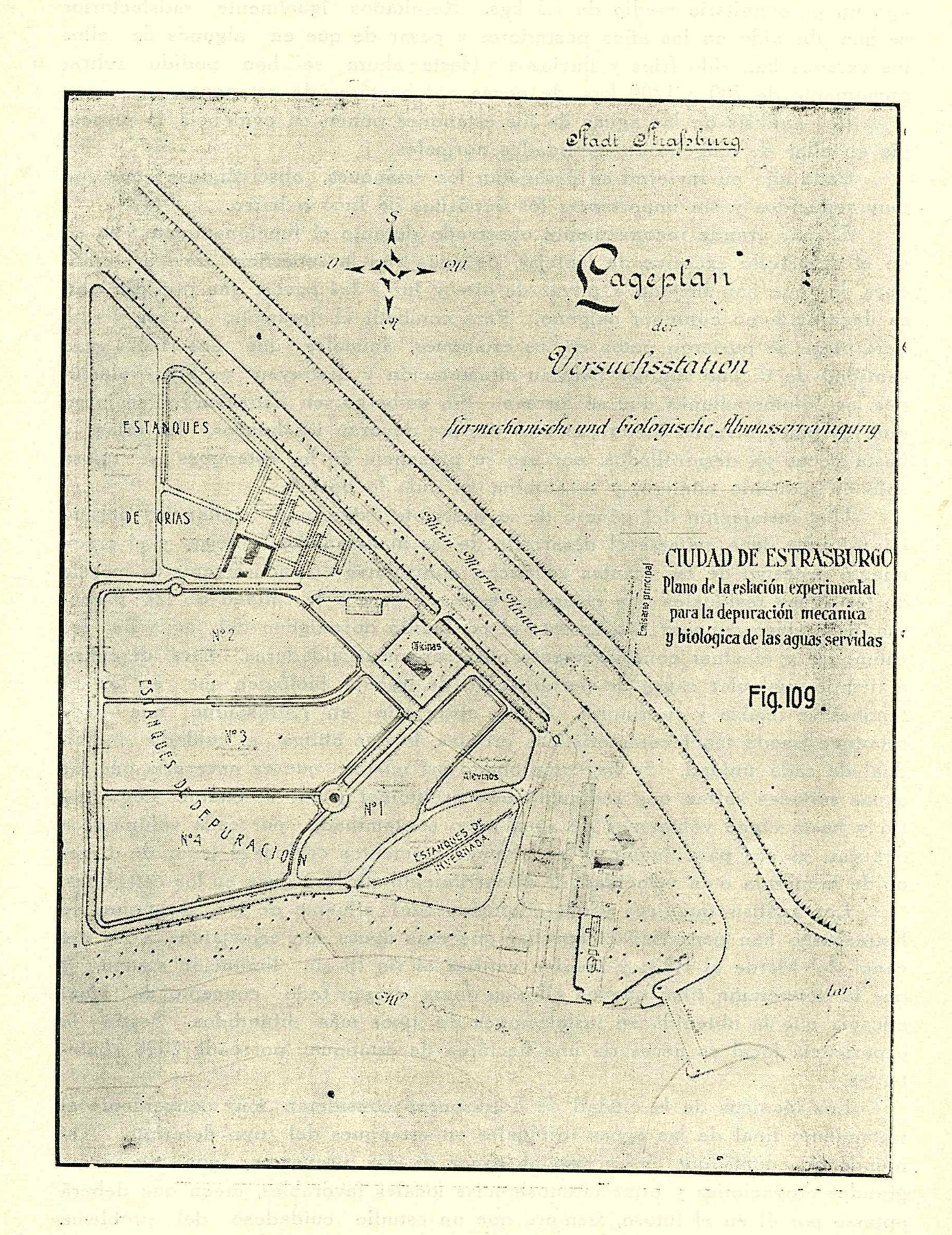
constatando que el poder depurador de las aguas casi estancadas, en ciertas condiciones, es mayor que el de las aguas en movimiento y que los más altos resultados se lograban en los estanques habitados por carpas, especie que se desarrolla bien en aguas contaminadas o fuertemente alteradas y que hasta exige para su desarrollo, la presencia de detritus orgánicos en las aguas. Comprobaron además que la depuración de las aguas residuales en los estanques de carpas era igual o superior a la obtenida en campos de derrame, que en la época de las investigaciones se consideraba como el procedimiento más eficaz.

Basándose en los resultados obtenidos, los técnicos de Estrasburgo, optando por un sistema de tratamiento desconocido hasta entonces, aconsejaron en 1910, la construcción de las instalaciones actuales, que pudieron realizarse sin grandes dificultades, pues se disponía de terrenos aparentes de bajo costo, poco aptos para cultivos por su configuración y la constitución del subsuelo. La conducción de las aguas a tratar y el agua necesaria para las mezclas no ofreció tampoco dificultades, extrayéndose las últimas, aún en la actualidad, del canal del Marne al Rhin, que pasa muy próximo a las instalaciones y a una altura que permite enviarlas por gravitación. El desnivel existente entre el fondo de los estanques y el nivel de las aguas en el río permite desagotarlos facilmente.

Las instalaciones cubren cinco hectáreas. Cuentan con un laboratorio de control y un pequeño acuario, Fig. 109. La depuración se efectúa en cuatro estanques separados unos de los otros por digas de tierra de 1.50 m. de ancho en su coronamiento. Tienen de 0.3 a 0.6 hectárea de superficie y una profundidad de 0.30 m. en las márgenes, 0.80 m. en el centro y 1.00 m. en los fosos de retención de peces, delante de las compuertas de evacuación. Hay además tres estanques más profundos que se utilizan para el desove y para invernar los peces. Se había pensado en construir una instalación especial para el desove y cría de alevinos, consistente en fosas hondas para las carpas hembras y estanques especiales para los sollos, tecos y otras especies, pero más tarde se comprobó la inutilidad de esas instalaciones, pues, contra lo que se suponía, se constató que el desove y la reproducción se realizaban muy bien en los estanques destinados a la depuración.

En los estanques de Estrasburgo se trata un caudal de 35 litros por segundo de aguas servidas, que han sedimentado previamente en las instalaciones anteriormente descriptas. Esas aguas son medidas previamente y mezcladas con tres o cinco veces su volúmen de aguas frescas. Cuatro cañerías de distribución las reparten entre los estanques. La descarga se hace por medio de orificios distantes de 10 a 15 m. los unos de los otros, y situados a una distancia igual de las márgenes, para evitar sedimentaciones en sus proximidades que darían lugar a fermentaciones posteriores, inconvenientes.

La explotación de las instalaciones descriptas comenzó en Abril de 1911 con la introducción de 700 carpas de 2 años, de un peso unitario medio de 320 gramos. Las carpas provinieron de un establecimiento especial de Baviera y fueron cuidadosamente examinadas. En ese año la explotación dió un resultado excelente, apesar de que el verano fué caluroso y las aguas llegaron



CIUDAD DE ESTRASBURGO
Plano de la estación experimental para la depuración mecánica y biológica de las aguas servidas
Fig. 109.

a tener 30° C. de temperatura. En noviembre se retiró el 93 °/₀ de los peces, con un peso unitario medio de 1.5 kgs. Resultados igualmente satisfactorios se han obtenido en los años posteriores a pesar de que en algunos de ellos los veranos han sido fríos y lluviosos Hasta ahora se han podido retirar anualmente de 700 a 1200 kgs. de peces por hectárea de estanques.

Los análisis de las aguas de los estanques ponen en evidencia la presencia en ellas de oxígeno en cantidades normales.

Cada año en invierno se desagotan los estanques, observándose que son muy reducidos y sin importancia los depósitos de limo o barro.

El más grande inconveniente observado durante el funcionamiento ha sido el desarrollo excesivo de lentejas de agua en la superficie de los estanques, las que han llegado a privar de aire y luz a las aguas, que por esa causa llegaron a no contener oxígeno. Para combatir el desarrollo de esa verdadera plaga se pusieron patos en los estanques, animales que absorben gran cantidad de dichas lentejas para su alimentación y destruyen en sus evoluciones las aglomeraciones que se forman. Sin embargo, en Estrasburgo se juzga que los patos ofrecen inconvenientes porque devoran los huevos, las crías y hasta peces ya desarrollados, por eso su presencia en los estanques se tolera solo en reducido número, y se elimina en todo lo posible.

Una instalación del género de la descripta exige una vigilancia permanente, pues debe evitarse el desarrollo de las mencionadas lentejas y el crecimiento excesivo de las plantas acuáticas, controlarse cuidadosamente la mezcla de las aguas residuales con el agua fresca, en base a la calidad de las primeras, es preciso conocer diariamente el contenido de oxígeno del agua de los estanques y efectuar constantemente observaciones cuidadosas, para descubrir a tiempo cualquier causa de perturbación de trabajo biológico que en los estanques se realiza y suprimirla. Se ha observado en Estrasburgo que cada estanque puede tener características propias, lo que obliga al cuidado individual de cada unidad. Se ha comprobado así mismo, que es necesario que las aguas servidas sufran una sedimentación preliminar y que se cuente con cuatro y hasta cinco volúmenes de agua poco contaminada por cada volúmen a depurar, ya sea para aumentar en algunos momentos críticos el tenor de oxígeno de la mezcla o la velocidad de discurrimiento de las aguas en los estanques.

Los análisis químicos y bacteriológicos del efluente de los estanques de Estrasburgo han permitido comprobar que esas aguas son semejantes a las del canal del Marne al Rhin y pueden vertirse al río Ill sin limitación alguna, y que la depuración final que en ellos se logra es por todo concepto de igual eficacia que la obtenida en instalaciones de tipos más difundidos. Según la experiencia local es necesaria una hectárea de estanque por cada 2000 habitantes.

Los técnicos de la ciudad de Estrasburgo consideran muy conveniente el tratamiento final de las aguas residuales en estanques del tipo descripto. Teniendo en cuenta que es un sistema capaz de dar proventos, que no exige grandes erogaciones y otras circunstancias locales favorables, creen que deberá optarse por él en el futuro, siempre que un estudio cuidadoso del problema no hiciera preferir un sistema mixto de depuración a base de dichos estanques y campos de derrame, con que beneficiar a los agricultores de la región.

Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Reims

Las aguas residuales provenientes de las viviendas e industrias de esta ciudad son depuradas, como ya se ha dicho, en campos de regadío similares a los de la ciudad de París. Para tratar los 20 000 m.^{3} que en promedio llegan diariamente a la estación de depuración, se cuenta con 632 hectáreas de tierra sobre la margen derecha del río Vesle, superficie que se ha dividido en tres zonas de distinta altitud (y de diferente composición geológica) cuya explotación ha sido otorgada a una Sociedad concesionaria.

Velando por la eficacia de la depuración de las aguas residuales las autoridades han establecido que ellas deberán tratarse solamente en los terrenos en que la capa permeable tiene por lo menos 2.00 m. de espesor, de modo que los riegos se hacen en tierras buenas exentas de humedad y bien aireadas.

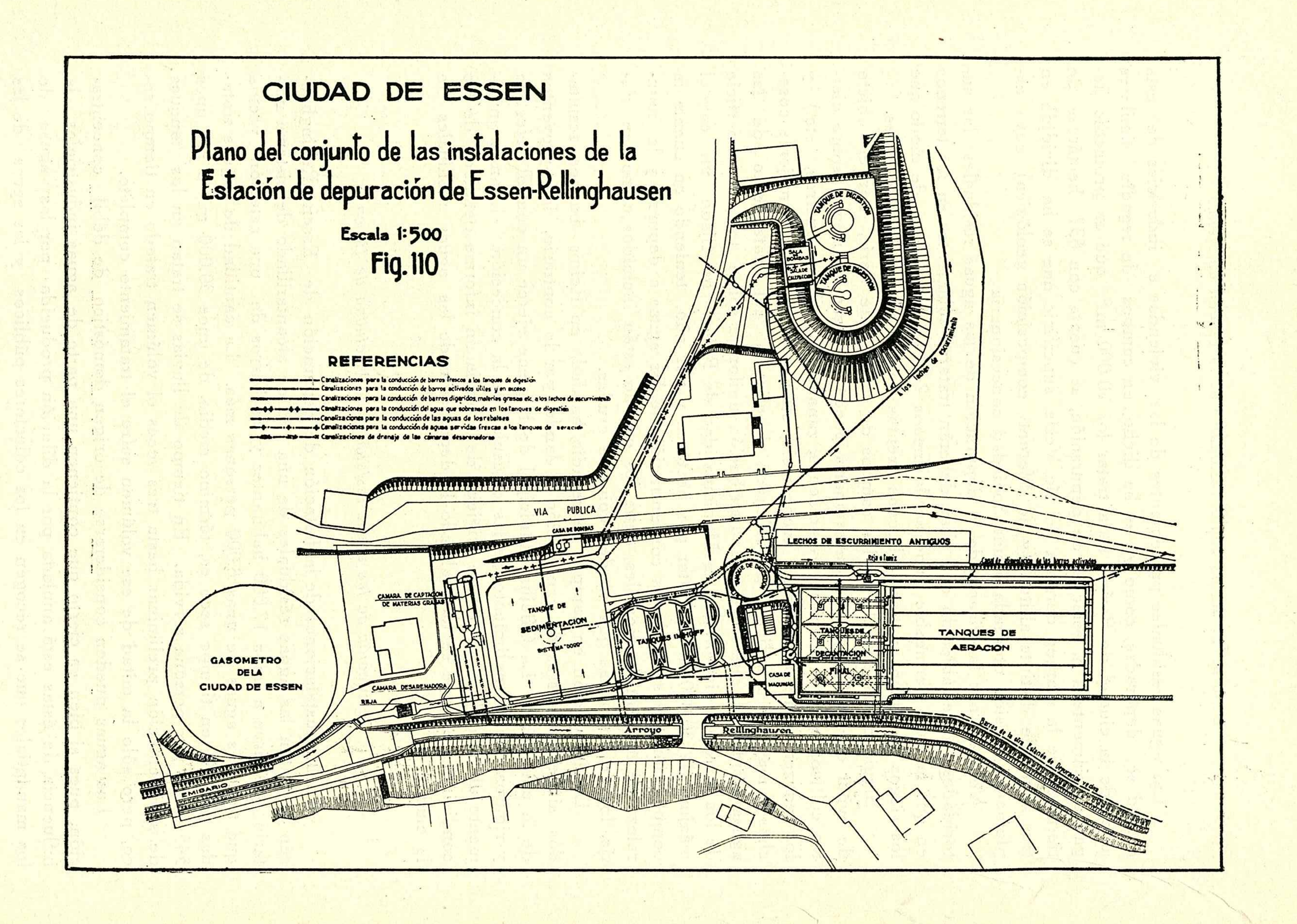
Siguiendo el ejemplo de los campos de regadío de París, con el objeto de evitar que la Compañía concesionaria pueda recargar los riegos sobre ciertos cultivos que lo permiten (remolachas, zanahorias, nabos, puerros, etc.) y los reduzca sobre otros (trigo, avena, maíz, etc.) a fin de obtener mejores cosechas y mayores beneficios, perjudicando la eficacia del tratamiento de las aguas residuales, que exige una distribución uniforme sobre toda la superficie de los terrenos disponibles, la Municipalidad de Reims ha fijado un caudal máximo de 30.000 m.^{3} a tratar por hectárea y por año, teniendo en cuenta la composición del subsuelo, la concentración de las aguas a depurar y la naturaleza de los cultivos posibles, entre los que no están incluídos como en París, los de hortalizas que pueden comerse crudas.

La depuración en campos de regadío ha dado en Reims buenos resultados, sin exigir gastos de explotación y dando, por lo contrario, los proventos de la concesión. La Oficina Municipal de Higiene ejerce un control efectivo y riguroso del cumplimiento de las cláusulas de la concesión, elevando anualmente al Consejo Superior de Higiene de Francia un informe detallado de las condiciones en que se ha realizado la depuración de las aguas residuales de la ciudad.

Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Essen

En las instalaciones de la Estación de depuración de Essen - Rellinghausen se tratan las aguas residuales de una red de alcantarillado del sistema unitario que sirve a unos 17.000 habitantes y los barros de una estación vecina que trata las aguas de unas 8.000 personas más. La cantidad de aguas tratadas por día en tiempo seco es, término medio, de unos 30.000 m.^{3} o sea unos 545 litros por persona servida. En tiempo de lluvias se tratan en los tanques de sedimentación preliminar hasta tres veces el volúmen tratado en tiempo seco, pero sólo la mitad de ese volúmen sufre el tratamiento completo.

Las aguas pueden considerarse de origen doméstico de débil concentración, pues si bien es cierto que contienen una parte de aguas industriales, la influencia de éstas está anulada por la dilución producida por las aguas de los manantiales que se recogen en los colectores públicos y las aguas de las



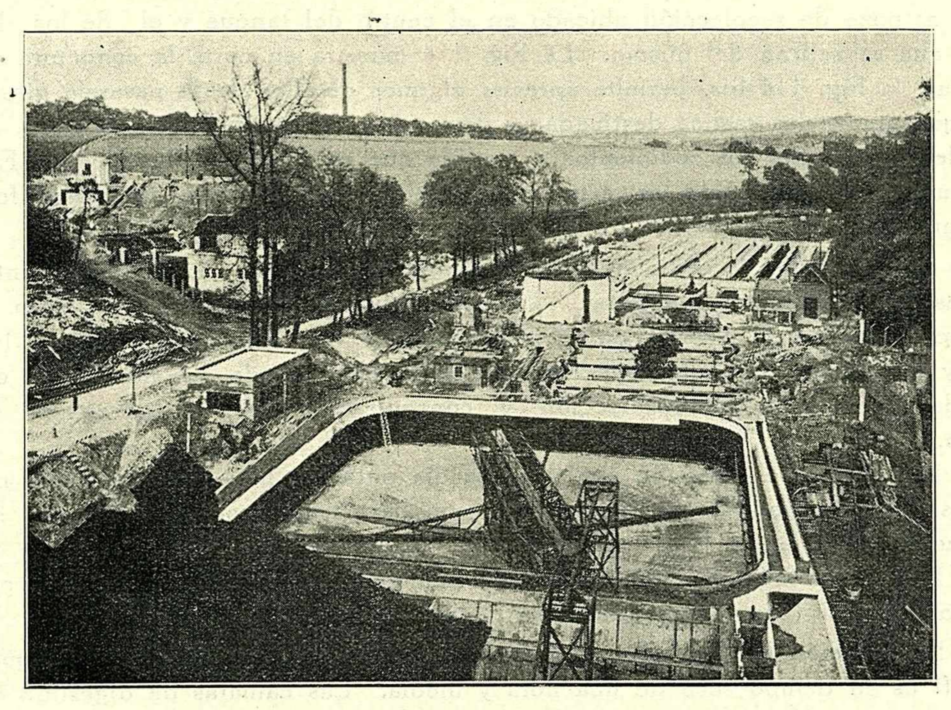
CIUDAD DE ESSEN
Plano del conjunto de las instalaciones de la
Estación de depuración de Essen-Rellinghausen
Escala 1:500
REFERENCIAS
Canalizaciones para la conducción de barros frescos a los tanques de digestión
Canalizaciones para la conducción de barros activados útiles y en exceso
Canalizaciones para la conducción de barros digeridos, materias grasas etc. a los lechos de escurrimiento
Canalizaciones para la conducción del agua que sobrenada en los tanques de digestión
Canalizaciones para la conducción de las aguas de los rebalses
Canalizaciones para la conducción de aguas servidas frescas a los tanques de aeración
Canalizaciones de drenaje de las cámaras desarenadoras
TANQUE DE DIGESTION
TANQUE DE DIGESTION
SALA DE BOMBAS
A los lechos de escurrimiento
VIA PUBLICA
CASA DE BOMBAS
LECHOS DE ESCURRIMIENTO ANTIGUOS
TANQUE DE DIGESTION
CAMARA DE CAPTACION DE MATERIAS GRASAS
TANQUE DE SEDIMENTACION
SISTEMA "DORR"
TANQUES IMHOFF
TANQUES DE DECANTACION FINAL
TANQUES DE AERACION
CASA DE MAQUINAS
GASOMETRO DE LA CIUDAD DE ESSEN
CAMARA DESARENADORA
REJA
Arroyo
Rellinghausen
EMISARIO

Fig. 110

minas que se descargan en ellos. El 65 °/₀ del caudal tratado en tiempo seco está constituído por las aguas industriales, de los manantiales y de las minas. Las aguas contienen sin embargo, una proporción algo elevada de sulfatos, que dan origen durante la digestión de los barros a la formación de hidrógeno sulfurado, capaz de traducirse en olor muy molesto. Las aguas son siempre alcalinas y llevan una gran proporción de oxígeno disuelto. Su temperatura media es de 15° C.

La Fig. 110 permite apreciar rápidamente la disposición actual de las distintas partes de la Estación, que constan: de una reja, una cámara desarenadora, una cámara de captación de materias grasas, un tanque de sedimentación preliminar sistema "Dorr", seis tanques Imhoff, un tanque de aeración compuesto de cuatro compartimentos, dos tanques de decantación final, tres tanques de digestión de barros, lechos de escurrimiento, una instalación auxiliar de cloración y los locales destinados a las instalaciones mecánicas necesarias: bombas para barros, aparatos de calefacción, etc.

Cuando el informante visitó la Estación de Essen - Rellinghausen se estaba terminando la construcción de la cámara desarenadora, la de captación de materias grasas, el tanque de sedimentación preliminar y los dos tanques de digestión ubicados camino por medio de las instalaciones en funcionamiento. De éstas, los tanques Imhoff datan del año 1912 y el tanque de digestión separada, inmediato a ellos, del año 1916. Las instalaciones de barros activados fueron puestas en funcionamiento en Diciembre del año 1925, siendo las primeras de ese género construídas en Alemania y unas de las más grandes. La Fig. 111 dá una idea de la importancia de las instalaciones antiguas y re-



(FIG. 111)

Ciudad de Essen. — Vista general de la estación de depuración.

cientes y del estado en que se encontraban cuando el informante las visitó.

La reja está formada por barras separadas 3 cm Tiene 2.75 m. de ancho y una inclinación de 1 : 3. Es del tipo de limpieza a mano. Se ha previsto la construcción de un horno incinerador para destruir los resíduos.

La cámara desarenadora, Fig. 112, tiene 14,00 m. de largo y 1,20 m. de profundidad. La velocidad del líquido en ella es de 30 cm. por segundo, término medio. Se han previsto difusores para la insuflación de aire, para facilitar el desprendimiento de las materias grasas de los detritus. Estos se retirarán a mano y se emplearán para rellenos.

La Fig. 113, permite comprender el funcionamiento de la cámara de captación de materias grasas. Las aguas son agitadas por el aire insuflado a través de difusores emplazados en el centro de la cámara, con lo que se provoca la separación de las materias grasas, que se extraen por rebalse en las seis cámaras laterales. En tiempo seco, las aguas atravesarán la cámara de captación de grasas en cinco minutos. La cantidad de aire insuflado será aproximadamente igual al décimo de caudal tratado.

Los aceites retirados se quemarán conjuntamente con los resíduos de las rejas y las grasas se enviarán a los tanques de digestión.

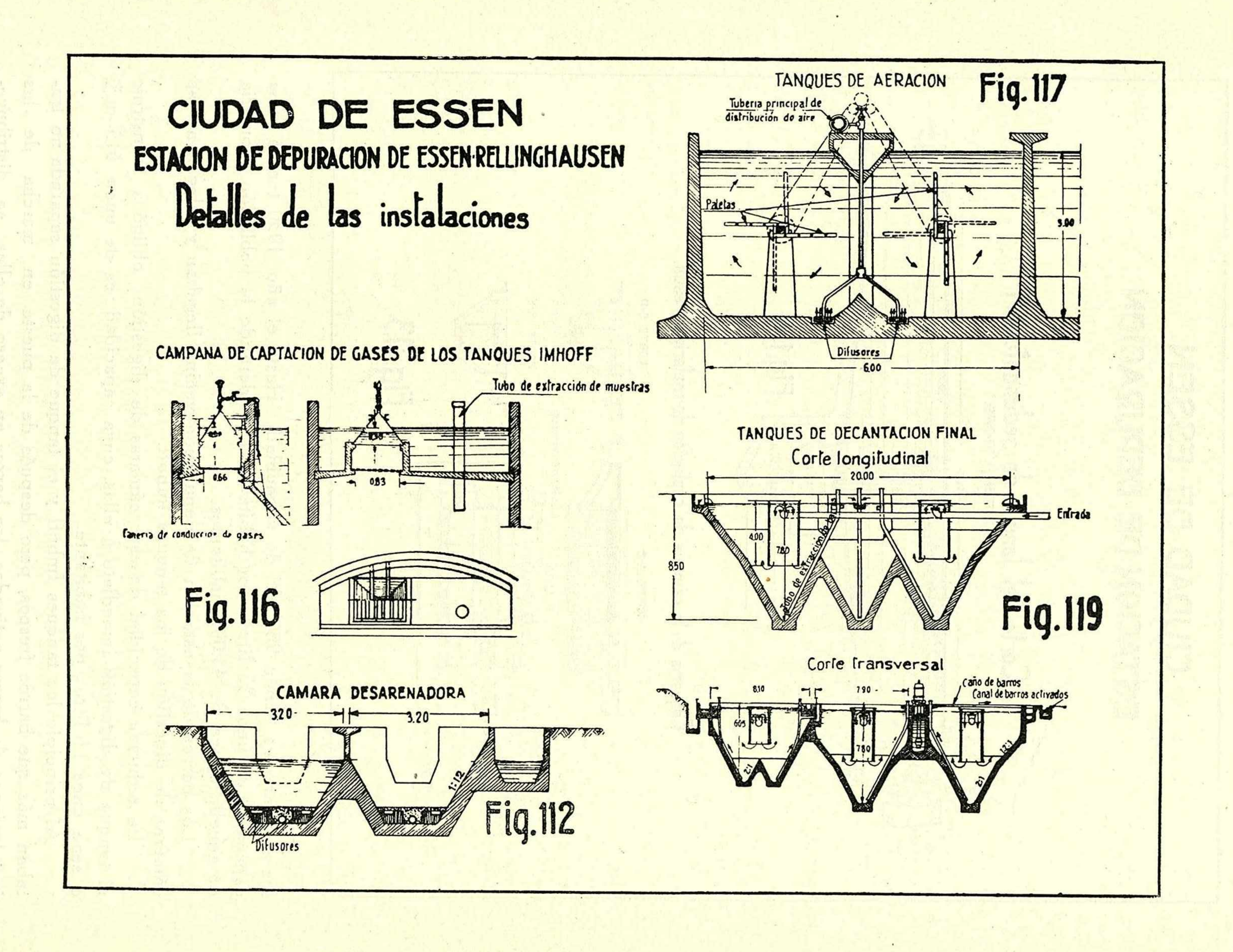
El tanque de sedimentación preliminar fué construído con el fin de poder tratar los caudales diarios, que en contínuo aumento no podrían ser tratados en los tanques Imhoff unicamente. En la Fig. 110 se indica el sentido del movimiento del líquido, el de los barros de otras instalaciones que se envían al pozo de recolección ubicado en el centro del tanque y el de los barros que se retiran del mismo. La Fig. 114 muestra en corte la estructura del tanque, la Fig. 114 bis, permite apreciar algunos detalles de la pasarela giratoria que mueve las rastras destinadas a remover y conducir hacia el pozo de recolección central los sedimentos a medida que se van depositando y la Fig. 115 muestra la forma de las rastras y el sentido de su marcha durante el funcionamiento.

En el tanque de sedimentación preliminar se tratarán las cuatro quintas partes de los caudales a depurar. Tiene una superficie de 29 m. por 29 m. y una profundidad de 2.80 m. en su parte superior. Su capacidad es de 2.100 m.^{3} y el período de sedimentación en tiempo seco es de dos horas La capacidad del pozo de recolección y concentración de los barros es de 80 m.^{3}.

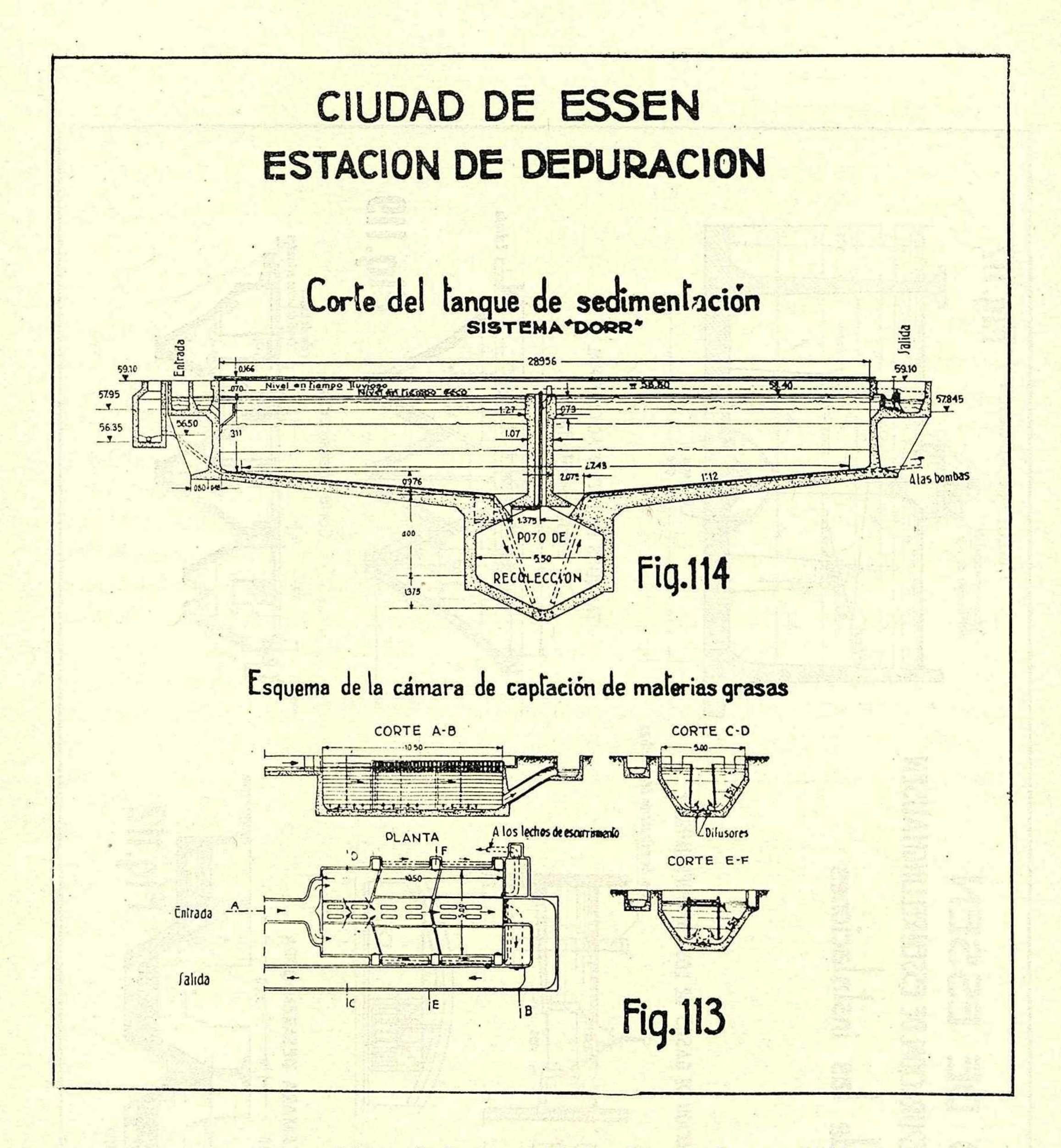
Los barros se extraerán una vez por día para ser introducidos en las cámaras de digestión. Se podrán mezclar con barros maduros antes de ser introducidos en ellas

Las rastras de remoción del tanque funcionarán contínuamente. La potencia necesaria para accionarlas será de 2 C. V.

La duración del período de sedimentación en los canales de los tanques Imhoff es en tiempo seco de una hora y media. Las cámaras de digestión de



CIUDAD DE ESSEN
ESTACION DE DEPURACION DE ESSEN-RELLINGHAUSEN
Detalles de las instalaciones
TANQUES DE AERACION
Fig. 117
Tuberia principal de distribución de aire
Paletas
Difusores
3.00
6.00
CAMPANA DE CAPTACION DE GASES DE LOS TANQUES IMHOFF
Tubo de extracción de muestras
0.66
0.83
Cañería de conducción de gases
Fig. 116
TANQUES DE DECANTACION FINAL
Corte longitudinal
20.00
Entrada
4.00
7.80
8.50
Tubo de extracción de
Fig. 119
Corte transversal
Caño de barros
Canal de barros activados
8.10
7.90
6.65
7.80
CAMARA DESARENADORA
3.20
3.20
1:12
Difusores
Fig. 112

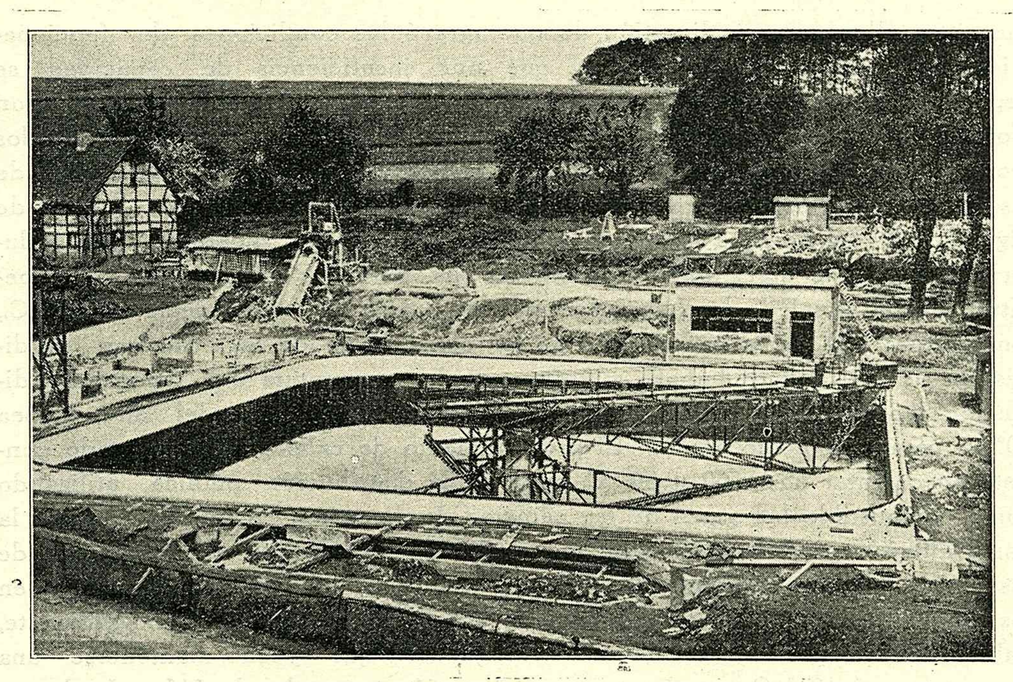


los seis tanques tienen 980 m.³ de capacidad. Hasta el año 1930 tenían una capacidad de unos 22 litros por habitante, considerando la población tributaria de aquella época de 45.000 habitantes.

Los barros de la estación de depuración vecina llegaban y llegan a las cámaras de digestión de los tanques Imhoff.

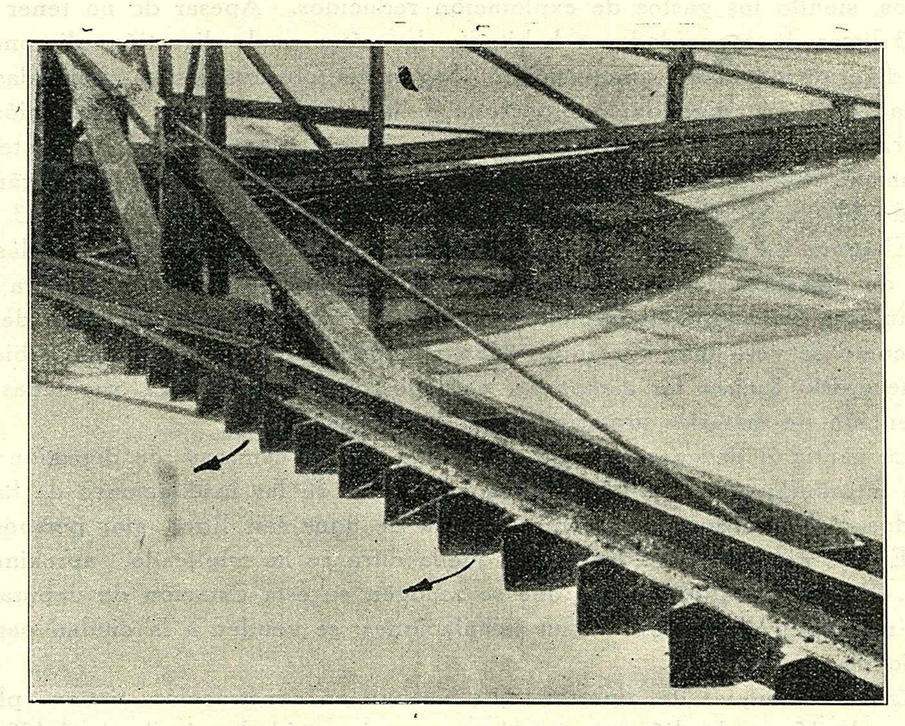
La reducida capacidad de esas cámaras de digestión obligó a construir el tanque de digestión inmediato a ellas, cuya capacidad es de unos 515 m.³, o sean unos 11 litros por habitante.

Al principio los tanques Imhoff y el tanque de digestión separada no trataban más que barros frescos, pero después de la puesta en marcha de las instalaciones de barros activados, los barros en exceso de ellas se distribuye-



(FIG. 114 bis)

Ciudad de Essen. — Vista del tanque sistema «Dorr» de la estación de depuración.



(FIG. 115)

Ciudad de Essen. — Vista de las rastras del tanque sistema «Dorr» de la estación de depuración.

ron entre ellos para su digestión, lo que agravó las condiciones de funcionamiento de esas cámaras, al extremo que por insuficiencia de capacidad se llegó a extraer con alguna frecuencia barros a medio digerir, que originaron olores al secar en los lechos de escurrimiento. Para mejorar la situación, los técnicos de la Corporación del Ruhr, no pudiendo aumentar la capacidad de las instalaciones por razones económicas, resolvieron calentar las cámaras de digestión de los tanques Imhoff y el tanque de digestión separada, para reducir el período de digestión de los barros. En Essen - Rellinghausen la temperatura media anual de las aguas servidas es, como se dijo, de unos 15° C., temperatura que en la generalidad de los casos es la de las cámaras de digestión de los tanques Imhoff, mientras que la temperatura del tanque de digestión separada, por ser un tanque en elevación, es casi la del aire, o sea 10° C. como promedio anual. El procedimiento de calefacción adoptado consiste en calentar hasta 60 u 80° C. agua de la distribución pública, utilizando como combustible los gases de las cámaras de digestión, e introducirla por la parte inferior de dichas cámaras, por medio de las cañerías de extracción de los barros. El agua caliente al atravesar las masas de barro acumuladas en los tanques las calienta. El aumento de agua en las cámaras es insignificante, habiéndose comprobado en Essen - Rellinghausen que puede mantenerse una temperatura de 21° C. en el tanque de digestión separada, de 515 $m.^3$ de capacidad, con su superficie exterior a la intemperie, empleando solamente 4 $m.^3$ de agua caliente por día. La instalación construída ha dado muy buenos resultados, siendo los gastos de explotación reducidos. Apesar de no tener más que 33 litros de capacidad por habitante, las cámaras de digestión dieron un barro digerido de buena composición. Según las observaciones realizadas la cantidad de barro digerido, por persona y día, se elevó con la introducción de los barros activados de 0.20 lts. a 0.36 lts. Por la misma causa el contenido de agua de dichos barros subió de 78.1 % a 80 %; el de sustancias orgánicas pasó de 34.1 a 52.1 % y el de nitrógeno (valor fertilizante) de 1.2 a 2.3 %.

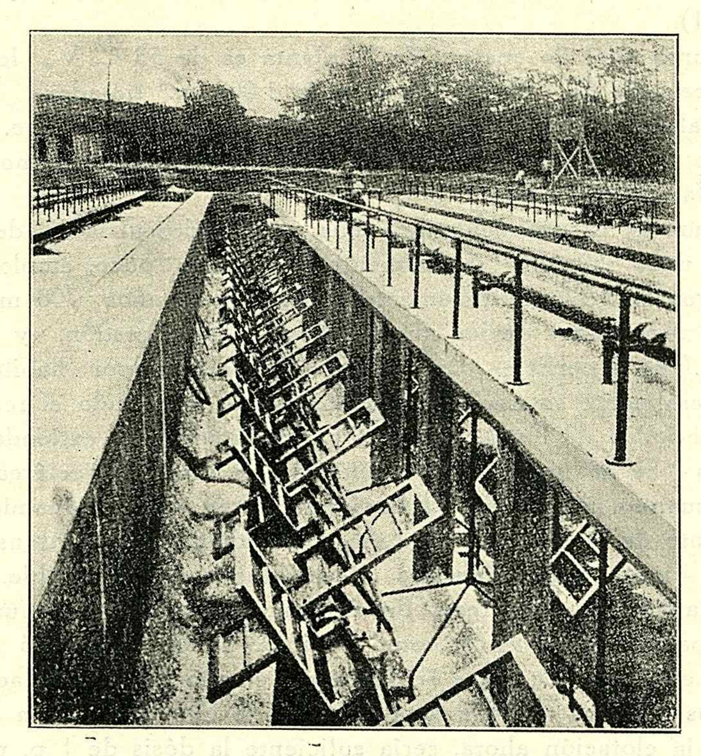
El croquis Fig. 116, indica la forma en que se recoge el gas de las cámaras de digestión de los tanques Imhoff. Las rejas o filtros de madera son semejantes a las adoptadas recientemente en la Estación de depuración de Munich, como se verá más adelante. Han resultado muy eficaces, no habiendo sido necesario extraer las campanas, para destruir obstrucciones originadas por la retención de materias arrastradas por los gases.

La cantidad de gases que se producían en las cámaras de digestión antes de introducirse en ellas los barros en exceso de las instalaciones de barros activados y de utilizarse la calefacción, era de unos seis litros por persona y día. En las actuales circunstancias aquella cifra se ha triplicado, aproximadamente. Las cantidades de gas que se recogen en esta Estación de depuración y que no tienen aplicación en sus instalaciones, se venden a la ciudad para el servicio de alumbrado.

Los dos tanques de digestión que estaban en construcción tienen planta circular, de 15 m de diámetro interior, y una capacidad unitaria de 1.400 $m.^3$. Uno de los tanques tiene fondo plano y el otro tronco - cónico. El primero está equipado con una rastra "Dorr" para la remoción de los barros en su

fondo, que exige una potencia de 1.7 C. V. para funcionar. El otro tanque tiene paletas de superficie para la remoción de las espumas, que exige 0.8 C. V. para funcionar. Se han previsto en ambas unidades dispositivos para la captación de los gases y la calefacción indirecta por medio de radiadores y la calefacción directa por introducción de agua caliente. La circulación de los barros será posible. El líquido que sobrenade en los tanques será descargado en el tanque de sedimentación preliminar. Los nuevos tanques de digestión podrán trabajar aislados o en serie (digestión en dos etapas).

Hasta el año pasado se trataba en las instalaciones de barros activados el efluente de los tanques Imhoff, que actuaban como tanques de sedimentación preliminar. El croquis Fig. 117 y la fotografía Fig. 118, permiten apreciar la forma como trabajan los dispositivos destinados a producir la mezcla y la aeración de las aguas en presencia de los barros activados. Las paletas dan siete revoluciones por minuto, que corresponden a una velocidad periférica de 7.3 cm. por segundo. Las paletas de cada tanque son accionadas por un motor de 5 C. V. La superficie de los difusores de un tanque es de 40 $m.^2$, equivalente a $^1/_{30}$ del área total del tanque. El período de aeración varía de 3 a 3,5 horas, para el caudal medio tratado en tiempo seco. Las aguas de Essen - Rellinghausen son, como se dijo, de débil concentración, lo que permite que el período de aeración sea tan reducido. La cantidad de barros activados utilizada es de 6 a 8 %, medida después de una hora, pero en la práctica se eleva a los tanques de aeración un 16 %, pues en vez de bombarse



(FIG. 118)

Ciudad de Essen. — Vista de un tanque de aeración

los barros ya decantados se eleva una mezcla de barro y agua de los decantadores.

La cantidad de aire insuflado a través de los difusores es de unos 500 litros por metro cúbico de agua tratada.

Los tanques de decantación final, Figs. 119 y 120, son de forma piramidal. La mezcla proveniente de los tanques de aeración penetra en el interior de unos tubos de sección cuadrada sumergidos, de 4 m. de longitud, escapando el efluente por la periferia, después de atravesar los tanques con movimiento ascendente. Los dos tanques más antiguos tienen 8.00 m. de profundidad y el restante 6.00 m. Este último ha dado resultados menos satisfactorios. El período de decantación es de 80 minutos, calculado en base al volúmen medio tratado en tiempo seco. Para elevar los barros a la canaleta que los conduce a los tanques de aeración, se emplea una bomba de eje vertical, habiéndose instalado otras como reserva. Con estas bombas se elevan también los barros en exceso, cuyo volúmen es, término medio, equivalente al 1 °/o del volúmen de agua tratado, medido después de una hora. De lo dicho se deduce que los barros activados aumentan diariamente en $^1/_{16}$ de su volúmen; cantidad que como hemos dicho se eleva a los tanques de digestión. En la canaleta de conducción de los barros se ha interpuesto un tamiz giratorio de 1.50 m. de diámetro y 1.50 m. de longitud, constituído por una tela metálica de mallas de 1 m. m. para separar los grumos y los cuerpos extraños y dejar pasar a los tanques de aeración unicamente el barro más fino, que es el mejor. (Fig. 121).

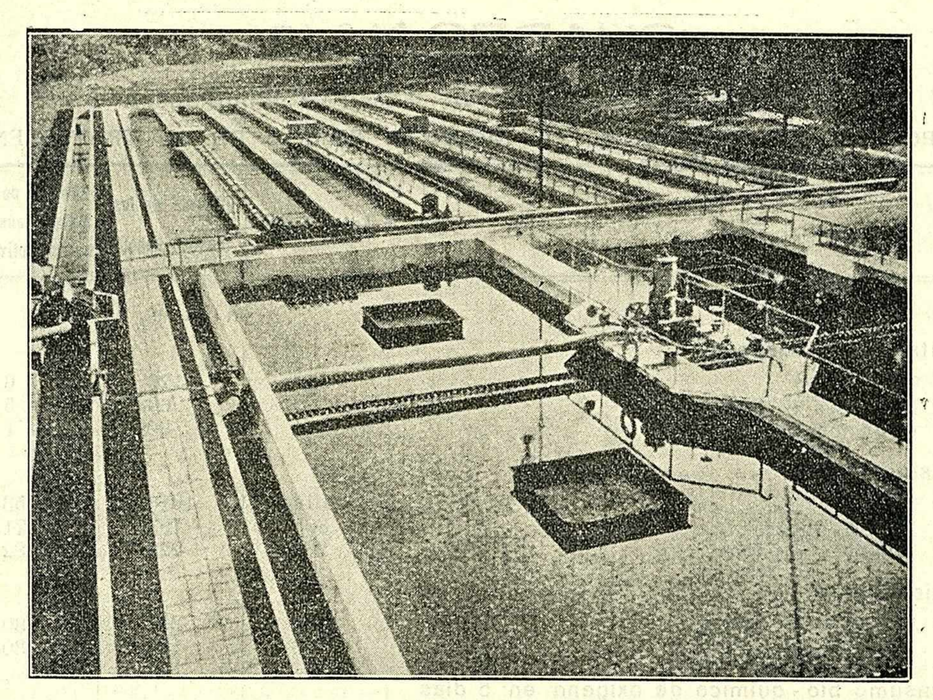
El consumo total de energía de la planta es de 53 C. V., lo que da un consumo de energía de 1.75 C. V. por cada 1.000 $m.^3$ tratados.

Las instalaciones de barros activados funcionan día y noche. Los ensayos realizados para ver si podía detenerse el trabajo nocturno no dieron resultados satisfactorios.

Los lechos de escurrimiento antiguos, construídos al lado de los tanques Imhoff tienen unos 350 $m.^2$. Actualmente se utilizan poco, empleándose para secar los barros los lechos ultimamente construídos a unos 700 m. de distancia, en las inmediaciones de los nuevos tanques de digestión, y que tienen unos 2 000 $m.^2$ de superficie. La superficie disponible por habitante es de 28 $m.^2$. Generalmente se usa una pequeña parte, quedando el resto de reserva para los períodos de lluvia, pues los barros líquidos se extienden sobre terrenos arables Se ha previsto la habilitación de unas 11 hectáreas para este objeto, para cuando las nuevas instalaciones entren en funcionamiento.

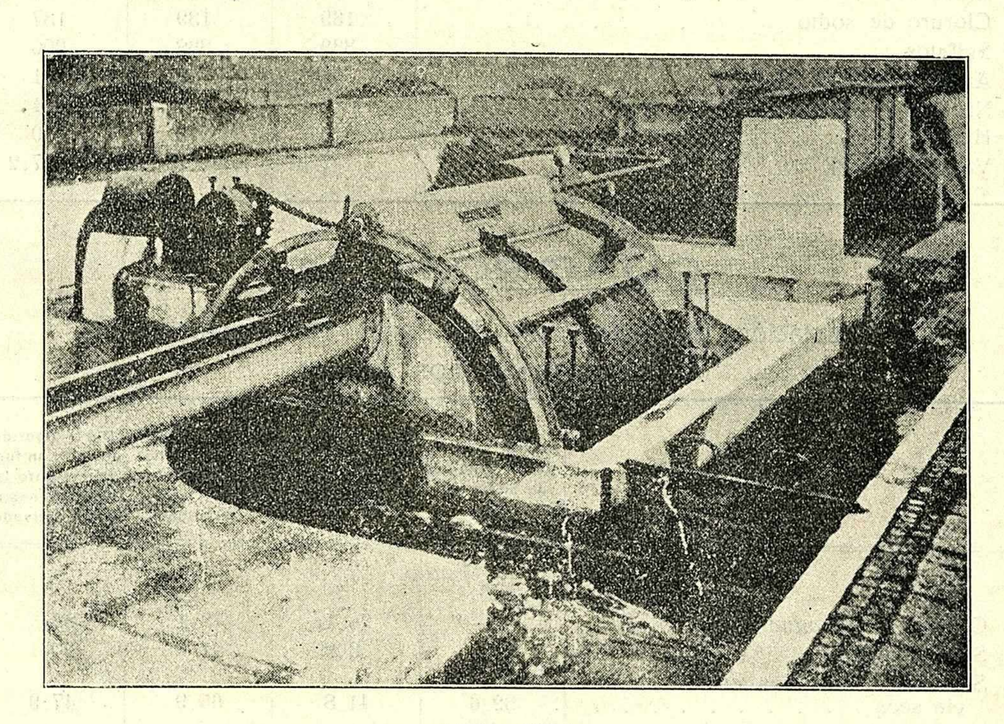
El efluente de la Estación de Essen - Rellinghausen es transparente, no tiene color ni olor, y según nuestros informantes, es imputrescible. Las experiencias realizadas por el Profesor Bruns demostraron que había una reducción de bacterias patógenas de 95 °/o como mínimo, lo que permitió suprimir la cloración del efluente, que antes se hacía por medio de la instalación auxiliar existente. Los técnicos que tienen a su cargo la Estación juzgan que en caso de emplearse la cloración ahora, sería suficiente la dósis de 1 p. p. m. Cuando se cloraba el efluente de los tanques Imhoff se empleaban hasta 20 p. p. m.

Los cuadros Nros. 13 y 14 permiten apreciar la calidad de las aguas en



(FIG. 120)

Ciudad de Essen. — Vista de los tanques de decantación final y de los tanques de aeración de la estación de depuración.



(FIG. 121)

Ciudad de Essen. — Vista del tamiz giratorio para el tratamiento de los barros activados de la estación de depuración.

CUADRO N.º 13

Estación de depuración de Essen - Rellinghausen

COMPOSICION DE LAS AGUAS EN DISTINTAS ETAPAS DE SU TRATAMIENTO

	Agua bruta	Efluente de los tanques Imhoff	Efluente de las instalaciones de barros activados
		en p. p. m.	
Materias en suspensión			
Total	180	120	6
Minerales o fijas	29	60	5
Orgánicas o volátiles	151	60	1
Residuo seco			
Total	1014	1016	953
Fijo o mineral	805	793	771
Volátil u orgánico	209	223	182
Oxidabilidad			
Líquidos sin filtrar	532	350	30
Líquidos filtrados	196	196	30
Consumo bío - químico de oxígeno en 5 días			
Líquidos sin filtrar	310	204	17
Líquidos filtrados	133	133	17
Cloro	84	84	83
Cloruro de sodio	139	139	137
Sulfatos	339	338	300
Amoníaco	23	23	21
Nitrógeno orgánico	7	7	4
Hierro	2	2	0
Valor del pH	7.5	7.5	7.2

CUADRO N.º 14

Estación de depuración de Essen - Rellinghausen

COMPOSICION DE LOS BARROS

	Barros frescos de los tanques de sedimentación	Barro activado con una hora de decantación	Barro digerido cuando no había instalaciones de barros activados	Barro digerido estando en funcionamiento las instalaciones de barros activados
	°/o	°/o	°/o	°/o
Contenido del agua	——	96.1	78.1	80
Sustancia seca	——	3.9	21.9	20
Sustancias minerales en la sustancia seca	32.6	41.8	65.9	47.9
Sustancias orgánicas en la sustancia seca	67.4	58.2	34.1	52.1
Nitrógeno	2.5	3	1.2	2.3

distintas etapas de su tratamiento y la composición de los barros antes y después de su digestión.

En las instalaciones de Essen - Rellinghausen, como ya se dijo, se obtiene un efluente final de alta calidad, habiéndose eliminado por completo los olores y las moscas. Una vez puestas en funcionamiento las nuevas instalaciones, con lo que se busca descongestionar la planta y mejorar la calidad del efluente y la digestión de los barros, la planta descripta será de las mejores de Alemania.

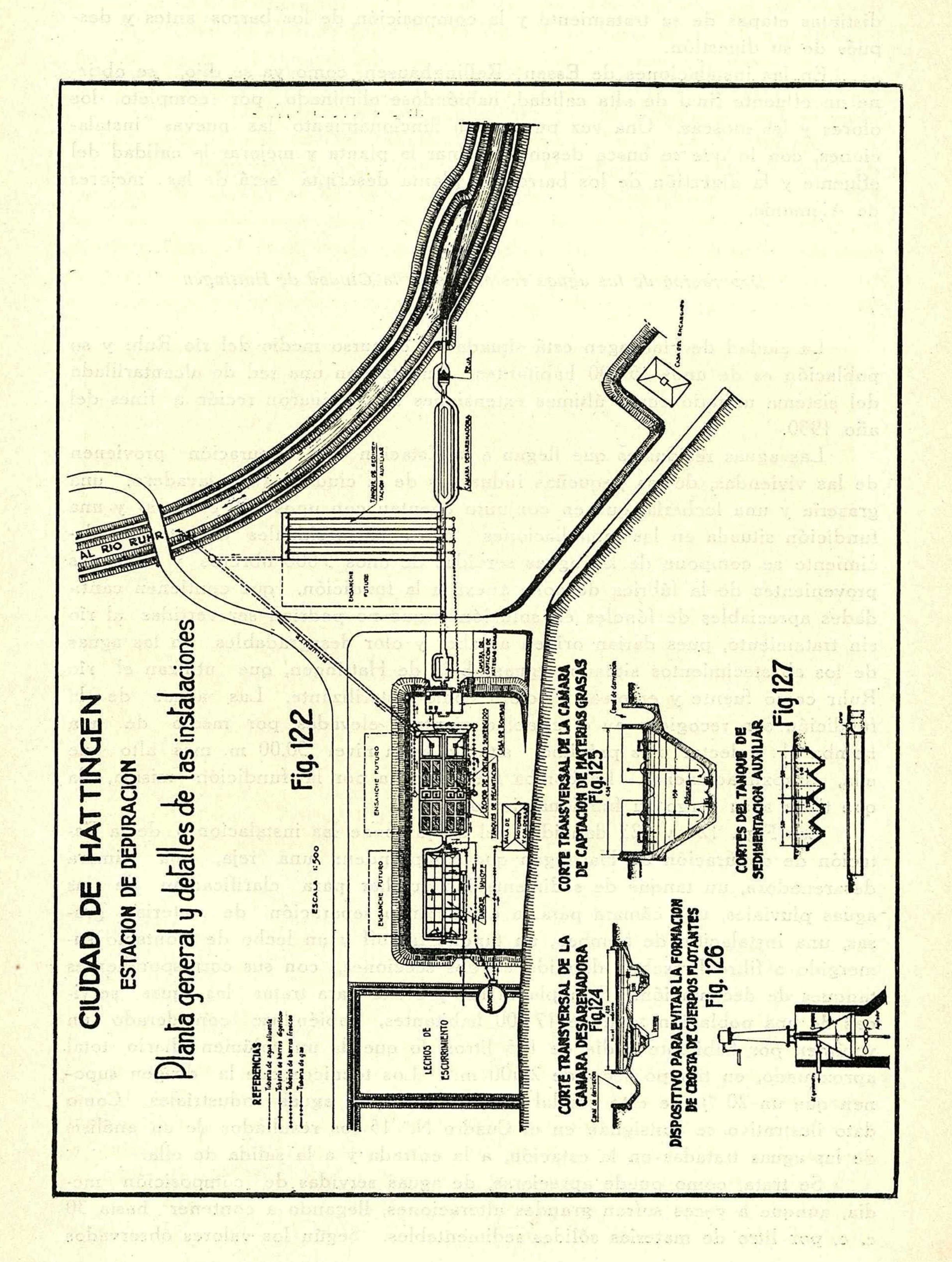
Depuración de las aguas residuales de la Ciudad de Hattingen

La ciudad de Hattingen está situada en el curso medio del río Ruhr y su población es de unos 15 000 habitantes. Cuenta con una red de alcantarillado del sistema unitario cuyas últimas extensiones se terminaron recién a fines del año 1930.

Las aguas residuales que llegan a la Estación de depuración provienen de las viviendas, de las pequeñas industrias de la ciudad (un lavadero, una grasería y una lechería, que en conjunto cuentan con unos 600 obreros) y una fundición situada en las inmediaciones. Las aguas residuales de este establecimiento se compone de las aguas servidas de unos 5 000 obreros y las aguas provenientes de la fábrica de coke anexa a la fundición, que contienen cantidades apreciables de fénoles en solución y que no podrían ser vertidas al río sin tratamiento, pues darían origen a sabor y olor desagradables en las aguas de los abastecimientos situados aguas abajo de Hattingen, que utilizan el río Ruhr como fuente y emplean el cloro como esterilizante. Las aguas de la fundición son recogidas en el establecimiento y elevadas por medio de una bomba al colector más próximo, situado a un nivel 30.00 m. más alto que ella, aproximadamente. La bomba fué costeada por la fundición misma, la que tiene a su cargo su funcionamiento.

Las Figs. 122 y 123 dan idea del conjunto de las instalaciones de la Estación de depuración de Hattingen que comprenden: una reja, una cámara desarenadora, un tanque de sedimentación auxiliar para clarificación de las aguas pluviales, una cámara para la captación o separación de materias grasas, una instalación de bombeo, un tanque Imhoff y un lecho de contacto sumergido o filtro Emscher, dividido en dos secciones, con sus correspondientes tanques de decantación. Esta planta fué prevista para tratar las aguas servidas de una población total de 17 000 habitantes, habiéndose considerado un volúmen por habitante y día de 145 litros, lo que da un volúmen diario total aproximado, en tiempo seco, de 2 500 $m.^3$. Los técnicos que la dirigen suponen que un 20 °/ₒ de este caudal corresponde a las aguas industriales. Como dato ilustrativo se consignan en el Cuadro N.° 15 los resultados de un análisis de las aguas tratadas en la estación, a la entrada y a la salida de ella.

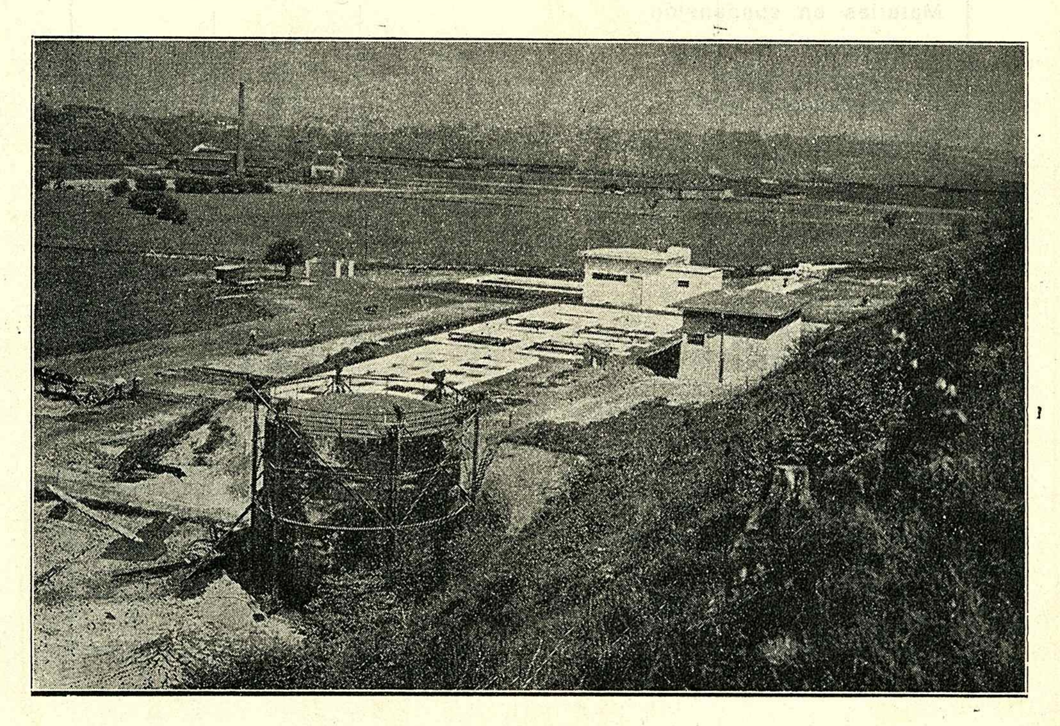
Se trata, como puede apreciarse, de aguas servidas de composición media, aunque a veces sufren grandes alteraciones, llegando a contener hasta 30 c. c. por litro de materias sólidas sedimentables. Según los valores observados


CIUDAD DE HATTINGEN
ESTACION DE DEPURACION
Planta general y detalles de las instalaciones
Fig. 122
ESCALA 1:500
REFERENCIAS
LECHOS DE ESCURRIMIENTO
ENSANCHE FUTURO
ENSANCHE FUTURO
ENSANCHE FUTURO
AL RIO RUHR
REJA
CAMARA DESARENADORA
SALA DE MOTORES Y CALDERAS
CORTE TRANSVERSAL DE LA CAMARA DESARENADORA
Fig.124
CORTE TRANSVERSAL DE LA CAMARA DE CAPTACION DE MATERIAS GRASAS
Fig.125
DISPOSITIVO PARA EVITAR LA FORMACION DE COSTRA DE CUERPOS FLOTANTES
Fig. 126
CORTES DEL TANQUE DE SEDIMENTACION AUXILIAR
Fig 127

del pH, las aguas son ligeramente alcalinas. Esa circunstancia y la de ser su temperatura media de unos 18° C., son muy favorables para su tratamiento.

Las aguas servidas al llegar a la Estación de depuración pasan previamente a través de una reja inclinada, de barrotes separados 40 mm., cuya limpieza se hace a mano y que no ofrece ninguna particularidad.

Después de esa reja las aguas son recibidas en una cámara desarenadora de 25 m. de longitud, dividida longitudinalmente en dos secciones, Fig. 124. Fué proyectada para mantener una velocidad uniforme de 30 a 40 cm. por segundo cualquiera que fuera el caudal que recibiese, circunstancia muy desfavorable si se tiene en cuenta la diferencia que existe entre los caudales máximo y mínimo que pueden llegar a la Estación Se ha previsto un sistemas de drenaje que permite durante las limpiezas retirar el agua acumulada en lo



(FIG. 123)

Ciudad de Hattingen. — Vista general de la estación de depuración.

detritus. Estos se retiran a mano y se utilizan ordinariamente como materia de rellenos. El volúmen medio mensual es de unos 15 m.^{3}.

Las aguas pasan después de la cámara desarenadora a otra donde se desembarazan de los aceites y grasas que arrastran consigo, Fig. 125. Las aguas entran por el compartimento central, en cuyo fondo se encuentran placas porosas o difusores, a través de las cuales se insufla aire a presión. El período de retención en la cámara de captación de grasas es de 10 minutos, para el caudal medio en tiempo seco. El volúmen de aire insuflado es igual a un décimo del volúmen de agua tratado. Como en la cámara de Essen-

CUADRO N.º 15

Estación de depuración de Hattingen

COMPOSICION DE LAS AGUAS TRATADAS

	Agua afluente	Agua efluente
	en p. p. m.	
Materias en suspensión		
Total	283	27
Minerales o fijas.	99	9
Orgánicas o volátiles	184	18
Oxidabilidad	493	118
Cloro y cloruro de sodio	548	468
Amoniaco	44	34
Nitrógeno		
Total	57.8	30
Amoniacal	36.2	30
Albuminoideo.	21.6	0
Fénoles	45.4	Vestigios
Consumo bio-químico de oxígeno	225	70

Reducción de la oxidabilidad . . . . . . =	76 °/o
Reducción de los fénoles . . . . =	100 °/o
Reducción del consumo bio-químico de oxígeno =	69 °/o

Rellinghausen, el aire lleva a la superficie sustancias grasas que luego pasan a los compartimentos laterales de régimen tranquilo, donde se acumulan en una capa flotante que a intervalos se retira por unas aberturas laterales que pueden obturarse por medio de compuertas. Las sustancias grasas, de las que se retiran unos 100 litros diarios, contienen bastante agua. En Hattingen se entierran las materias que se retiran de la cámara de captación de grasas.

El efluente de la cámara de captación de grasas es bombado al tanque Imhoff, habiéndose construído con ese objeto una estación de bombeo, compuesta de dos bombas centrífugas Kreisel, de eje vertical, que tienen una capacidad de 70 litros por segundo, accionadas por electro motores situados en un plano 5 m. más arriba. Estas bombas trabajan automáticamente.

Entre la cámara desarenadora y la de captación de materias grasas, se encuentra hacia un lado, un depósito de sedimentación auxiliar para la clarifi-

cación de las aguas pluviales, constituído por dos estanques que tienen un volúmen de 500 m.^{3}. En tiempo de lluvia, cuando las aguas alcanzan en el canal de entrada a la Estación un determinado nivel, pasan al depósito de clarificación, que hasta que se llena, actúa como recipiente de almacenamiento, Fig. 127. Una vez lleno, las aguas que entran al depósito son descargadas directamente al río. Después de las lluvias el contenido del depósito es elevado por las bombas ya mencionadas a los tanques Imhoff, conjuntamente con las aguas frescas que arriban a la Estación. El caudal mayor que llega en tiempo de lluvia es casi treinta veces superior al previsto para tiempo seco (840 litros por segundo) y atraviesa el depósito en 10 minutos, aproximadamente. Como dato ilustrativo, consignaremos que en un período de 12 meses el depósito funcionó 90 veces y descargó directamente al río 45 veces. Este depósito además de su función fundamental, que permite conservar la limpieza del río, puede utilizarse como tanque de sedimentación en tiempo seco, en los casos de reparaciones o anormalidades.

El tanque Imhoff de la Estación de Hattingen ha sido construído de acuerdo con los resultados de las últimas experiencias realizadas por los técnicos de la Corporación del Ruhr y ofrece algunas características interesantes. La capacidad de la cámara de digestión fué proyectada sobre la base de un volúmen por habitante de 27 litros. Para recoger los gases que se producen durante la digestión, se han previsto en los extremos del tanque unas cámaras o campanas colectoras de donde parten las canalizaciones que los llevan a la sala de motores y calderas, donde son utilizados como combustible. La cámara de digestión es calentada por un sistema de radiadores portátiles recorridos por el agua de refrigeración de los motores a gas, anteriormente citados. El agua de los radiadores es descargada después en los canales de sedimentación del tanque, por haberse juzgado inconvenientes las descargas en la cámara de digestión. Como la planta hacía muy pocos meses que estaba en servicio cuando la visitó el informante, los técnicos que la dirigen no estaban en condiciones de opinar sobre la eficacia de ese sistema de calefacción. Se evita la formación de una capa de cuerpos flotantes o crosta en las campanas de recolección de los gases, con un dispositivo de agitación a mano que se hace trabajar una o dos veces por día durante algunos minutos, Fig. 126. Se utilizan con igual eficacia para destruir dicha capa, chorros de agua a través de las ranuras de los canales de sedimentación, en las proximidades de las campanas colectoras de gases.

Los barros digeridos una vez extraídos del tanque, se secan en los lechos de escurrimiento, cuya superficie es de 1500 m.^{2}, o sea, 11.3 habitantes por metro cuadrado Una vez apaleables son distribuídos entre los agricultores de la región. Suelen ser entregados húmedos a los agricultores que los desean en ese estado.

Teniendo en cuenta que el río Ruhr se utiliza como fuente de abastecimiento de agua de varias localidades situadas aguas abajo de Hattingen, no era posible construir instalaciones de depuración para un tratamiento preliminar solamente, siendo imprescindible destruir los fenoles, sobre cuyo poder perjudicial ya se habló Para esos fines se juzgaron más convenientes los lechos

de contacto sumergidos que las instalaciones de barros activados, por exigir menos cuidados y ser menos sensibles a las variaciones de la composición de las aguas a tratar, que en Hattingen son notables, como ya se dijo. Además se tuvo en cuenta en la elección del sistema de tratamiento secundario la circunstancia de poderse evitar una depuración biológica extrema.

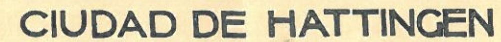
La Fig. 128 permite apreciar la disposición general de los lechos sumergidos. Cada una de las dos secciones de esos lechos consiste en dos tanques o cuerpos yuxtapuestos, de construcción especial. Los lechos de la primera sección están constituídos por listones de madera agrupados en entramados de forma especial, que una vez emplazados en obra son susceptibles de girar alrededor de ejes horizontales. Esos entramados están colocados dentro de cajas de madera y están dispuestos en dos series superpuestas, pudiendo ser movidos desde arriba por medio de una palanca de mano. Los entramados están colocados oblícuamente, con lo que se obtiene una mejor repartición del aire, según los técnicos de la Corporación del Ruhr. El agua entra por el espacio que separa las paredes de los tanques de las cajas que contienen los cuerpos sumergidos, siendo arrastrada por el aire a través de estos cuerpos, produciéndose de este modo una renovación contínua.

Los cuerpos móviles tienen sobre los fijos la ventaja de que se les puede desprender los depósitos de materias sedimentadas, impidiéndose la formación de acumulaciones que absorben una gran cantidad de oxígeno. Moviendo los entramados se puede además ofrecer a la corriente de aire distintas superficies, mientras que con los cuerpos fijos son siempre las mismas superficies las que están en contacto con el aire. En estos casos las materias que se depositan sobre las superficies que no están vueltas hacia la corriente de aire ascendente, absorberán mucho oxígeno por entrar en descomposición, disminuyendo el poder depurador de la instalación. Otra ventaja que ofrecen los cuerpos móviles es la facilidad con que pueden retirarse para limpiarlos.

Los lechos de la segunda sección están compuestos por trozos de corcho en forma de cubos de 4 a 6 cm. de arista. El conjunto de esos cubos está encerrado en una caja de madera de iguales dimensiones y disposición que la que contiene los entramados del primer cuerpo, y reposa sobre un emparrillado especial. La flotación de los trozos de corcho se evita con un entramado superior. El corcho como material de relleno ha dado muy buenos resultados. La repartición del aire se hace facilmente entre los cubos o dados y no se ha notado hasta ahora acumulaciones de barro entre los intersticios. La limpieza de los trozos de corcho se hace dejándolos flotar y lavándolos con chorros de agua a presión.

El cuadro N.° 16 permite apreciar las relaciones existentes entre los diferentes volúmenes de los cuerpos sumergidos y los tiempos de aeración de las aguas en ellos.

Los cuerpos sumergidos son aireados por medio de tubos agujereados que tienen movimiento pendular y que se desplazan transversalmente entre las cajas y las paredes de los tanques. Los agujeros de los tubos están dirigidos hacia abajo y colocados en dos filas iguales. Tienen 5 mm. de diámetro y distan uno de otro 10 cm. Los tubos son de latón inoxidable, con lo que se



CIUDAD DE HATTINGEN

ESTACION DE DEPURACION

Planta y cortes de las instalaciones principales

Fig. 128

CORTES TRANSVERSALES

CORTE A-B

CORTE C-D

CORTE E-F

CORTE G-H

CORTE LONGITUDINAL

TANQUES IMHOFF

CUERPOS SUMERGIDOS

Tanque de decantación intermedia

TANQUE DE DECANTACION FINAL

CASA DE BOMBAS

Bomba

Tubería de agua afluente

PLANTA

Tubería de barros frescos

Tubería de barros digeridos

Tubería de agua afluente

Bombas

Instalación de alta tensión

CUADRO N.º 16

Estación de depuración de Hattingen

CARACTERISTICAS DE LOS CUERPOS SUMERGIDOS

Este cuadro ha sido confeccionado considerando un volúmen medio diario tratado, equivalente a 150 metros cúbicos de agua por hora.

	1.a SECCION		2.a SECCION		
	Volumen	Tiempo de aeración	Volumen	Tiempo de aeración	Tiempo de aeración total
	m.³	min.	m.³	min.	min.
Volúmen de los huecos entre el material de relleno	153	61	78	91	92
Volúmen de las cajas, es decir, la suma del volúmen de los huecos y del material de relleno.	210	84	221	90	174
Volúmen de los lechos	260	104	277	111	215

evitan los inconvenientes que ofrecen los tubos de hierro utilizados en las primeras instalaciones de ese género (obturación de orificios por el óxido, etc.). Los tubos se mueven con una velocidad de 30 cm. por segundo, siendo impulsados por un motor de 2 C. V.

A través de los tubos de inflación de aire pasan 1000 m.³ por hora (278 litros por segundo) o sea, 6,6 m.³ por metro cúbico de agua. Durante la noche se reduce el suministro de aire. Relacionando la superficie de los cuerpos sumergidos con el gasto de aire, se tiene un consumo de 1.30 litro por segundo y por metro cuadrado. Los técnicos de la Corporación del Ruhr esperan disminuir el consumo de aire introduciendo modificaciones en la composición y funcionamiento de los cuerpos sumergidos.

Cada sección de los lechos de contacto tiene anexado un tanque de decantación especial, en el que decantan las materias en suspensión de su efluente. Los tanques son de planta rectangular o cuadrada y de fondo piramidal. El agua que entra en cada tanque descarga dentro de un cajón central abierto arriba y abajo y el efluente desborda por los cuatro lados después de atravesar radialmente el tanque con movimiento ligeramente ascensional.

El período de sedimentación de los tanques de decantación de la primera sección es de 30 minutos y de 90 minutos el de los tanques de la segunda. El barro retenido en ambos depósitos es de 20 a 30 m.³ por día y es elevado al tanque Imhoff para su digestión. Hasta ahora no se ha notado que la mezcla de estos barros tenga influencia perjudicial ni para el funcionamiento del tanque Imhoff ni para el de los lechos sumergidos.

Los gases de la digestión de los barros pasan de las cámaras de recolección del tanque Imhoff al gasómetro, cuya capacidad es de 120 m.^{3}. El gas pasa del gasómetro a un motor de 60 C. V. que acciona un generador de corriente eléctrica de 220 voltios, que suministra la energía necesaria en la planta.

El volúmen medio de gas obtenido desde mediados de mayo de 1930 ha sido de 230 m.^{3} diarios, cantidad suficiente para poder mover el motor durante 12 horas diarias. Con la energía eléctrica generada se accionan las bombas, se obtiene el aire comprimido y se mueven los tubos pendulares. Hay una conexión de emergencia con la red del servicio público de energía. La corriente de dicha red se recibe a 10 000 voltios y se transforma a 220.

Menos las obras en elevación, el resto ha sido construído en hormigón armado.

Las instalaciones funcionan bajo la vigilancia de dos obreros que trabajan por turnos, desde la hora 6 a la hora 22 de cada día. Uno de ellos vive en la Estación. De noche la instalación permanece sin cuidado, Se han instalado unas señales sonoras para prevenir, en casos de anormalidades, al obrero que vive en la Estación.

Los consumos de aire y agua, así como las horas de funcionamiento del generador, son registrados en aparatos automáticos.

La impresión recogida por el informante durante la visita a las instalaciones de la Estación de depuración de Hattingen, fué excelente. De acuerdo con las informaciones que le fueron suministradas por el Ing.° Franz Fries, Ingeniero Jefe de la Corporación del Ruhr, el efluente final de la Estación, salvo algunos días excepcionales, fué siempre transparente, claro, inodoro y no contuvo fénoles, y las variaciones de concentración de las aguas, que a veces han sido muy grandes, no han tenido influencias apreciables sobre la calidad de dicho efluente.

La práctica ha demostrado que para obtener eficacia con los lechos de contacto sumergidos, deben evitarse las acumulaciones de barro en ellos. Con las aguas cargadas se producen más fácilmente esas acumulaciones que con las diluídas, a igualdad de cantidad de aire insuflado y tiempo de aeración. El desarrollo de hongos favorece la formación de acumulaciones. Se impide la formación de acumulaciones aumentando la presión del aire insuflado o disponiendo los cuerpos sumergidos en forma que el barro sea arrastrado con las aguas hacia los tanques de sedimentación. La eficacia de los lechos sumergidos depende también del tratamiento preliminar. Con los cuerpos sumergidos se requiere un buen tratamiento preliminar.

Cuanto mayor sea la cantidad de materias que entren en descomposición biológica en los lechos, mayor será el consumo bio - químico de oxígeno, y por lo consiguiente, el de aire insuflado; por eso deberá ser mayor la insuflación en los lechos en que se produzcan acumulaciones. A veces esto no se puede evitar ni con fuertes insuflaciones de aire, disminuyendo entonces la eficacia de los lechos. La instalación de los lechos sumergidos en dos cuerpos aislados y la interposición de un tanque de decantación entre ellos, se hizo para disminuir la importancia de esas acumulaciones.

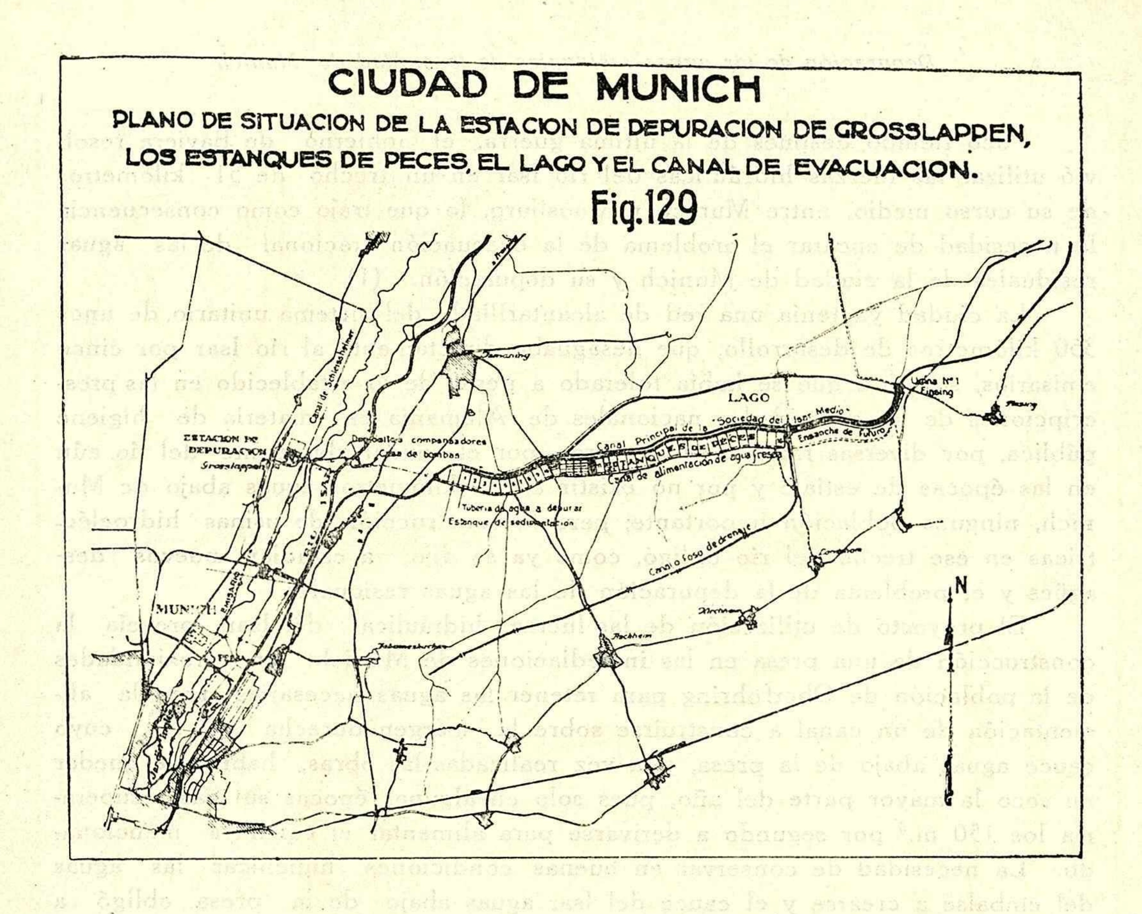
Poco tiempo después de la última guerra, el Gobierno de Baviera resolvió utilizar las fuerzas hidráulicas del río Isar en un trecho de 51 kilómetros de su curso medio, entre Munich y Moosburg, lo que trajo como consecuencia la necesidad de encarar el problema de la evacuación racional de las aguas residuales de la ciudad de Munich y su depuración. (1)

La ciudad ya tenía una red de alcantarillado del sistema unitario, de unos 350 kilómetros de desarrollo, que desaguaba directamente al río Isar por cinco emisarios, solución que se había tolerado a pesar de lo establecido en las prescripciones de las autoridades nacionales de Alemania en materia de higiene pública, por diversas razones, entre otras, por el caudal abundante del río aún en las épocas de estiaje y por no existir en 30 kilómetros aguas abajo de Munich, ninguna población importante; pero la construcción de usinas hidroeléctricas en ese trecho del río obligó, como ya se dijo, a estudiar nuevos desagües y el problema de la depuración de las aguas residuales.

El proyecto de utilización de las fuerzas hidráulicas del Isar preveía la construcción de una presa en las inmediaciones de Munich, en proximidades de la población de Oberföhring para retener las aguas necesarias para la alimentación de un canal a construirse sobre la margen derecha del río, cuyo cauce aguas abajo de la presa, una vez realizadas las obras, habría de quedar en seco la mayor parte del año, pues solo en algunas épocas su gasto superaría los 150 m.^{3} por segundo a derivarse para alimentar el canal ya mencionado. La necesidad de conservar en buenas condiciones higiénicas las aguas del embalse a crearse y el cauce del Isar aguas abajo de la presa, obligó a prever además en el mismo proyecto, la supresión de las descargas de los emisarios existentes aguas arriba y abajo de la presa, por cuya causa las autoridades de la ciudad y la "Sociedad del Isar medio", explotadora de las fuerzas hidráulicas del río, resolvieron ponerse de acuerdo para sufragar los gastos requeridos por las nuevas instalaciones de evacuación y depuración de las aguas residuales.

El Municipio de Munich, ciñéndose a las prescripciones de las autoridades nacionales competentes, acordó entregar a la citada Sociedad los terrenos necesarios para las instalaciones requeridas *para eliminar hasta el 60 °/o de las impurezas de las aguas residuales* y se comprometió a contribuir con el 40 °/o de los gastos de construcción de 12 kilómetros de nuevos colectores, necesarios para unir la red de alcantarillado de la ciudad con la Estación de depuración a construirse en el paraje conocido por Grosslappen, y con el 40 °/o de los gastos de construcción y explotación de dicha Estación, cuyas características principales se describen a continuación.

(1) En el número del mes de julio de 1929 de la Revista de Ingeniería, órgano de la Asociación Politécnica del Uruguay, el ingeniero Félix de Medina Artau se ocupó de las instalaciones hidroeléctricas del río Isar, haciendo algunas consideraciones sobre la Estación de depuración que se describió.



CIUDAD DE MUNICH

PLANO DE SITUACION DE LA ESTACION DE DEPURACION DE GROSSLAPPEN, LOS ESTANQUES DE PECES, EL LAGO Y EL CANAL DE EVACUACION.

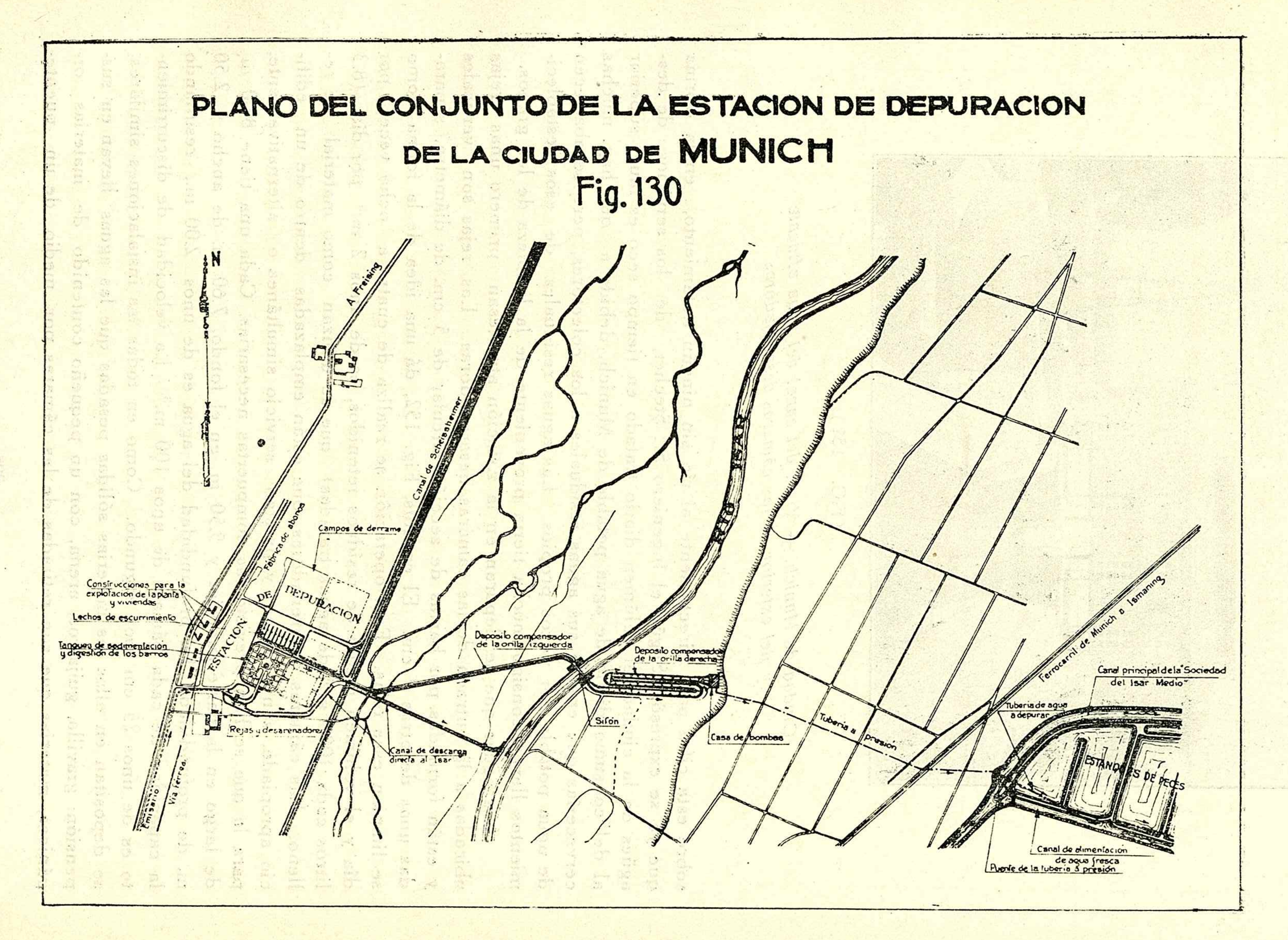
Fig. 129

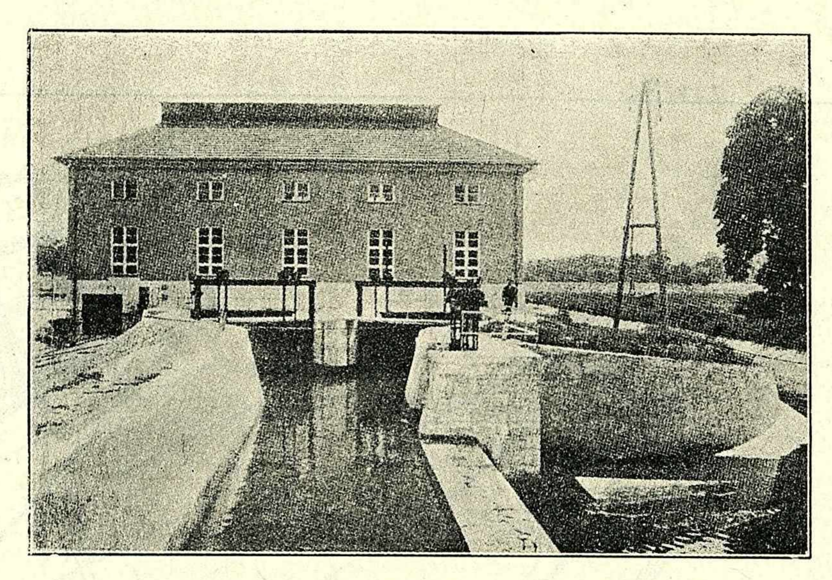
Las Figs. 129 y 130 permiten apreciar la disposición general de las instalaciones, cuya construcción se inició en el año 1923.

Las aguas provenientes de la parte de la ciudad situada en la margen derecha del Isar se reúnen en un colector, que después de atravesar el río por un sifón, aguas arriba de la presa de Oberföhring, desagua en el emisario de las aguas provenientes de la parte de la ciudad situada en la otra margen y que llega hasta la Estación de depuración. Dentro de esta Estación dicho emisario se prolonga en un canal a cielo abierto, que antes de bifurcarse para penetrar en las cámaras desarenadoras, tiene un aliviadero que permite descargar directamente (sin tratamiento alguno) parte de las aguas que llegan a la Estación en los días de grandes precipitaciones pluviales Las aguas que pasan a través del aliviadero son encauzadas en un canal a cielo abierto, Fig. 131.

La población servida actualmente por las instalaciones de Grosslappen asciende a 580 000 habitantes, pero se juzga que las instalaciones han de poder tratar las aguas de una población máxima de 1 000 000 de habitantes.

En tiempo seco el volúmen medio diario de aguas residuales tratado es, término medio, de unos 240 000 m.³ y en tiempo lluvioso el volúmen máximo que recibe tratamiento alcanza a unos 864 000 m.³ (3.6 veces). Todo exceso


PLANO DEL CONJUNTO DE LA ESTACION DE DEPURACION
DE LA CIUDAD DE MUNICH
Fig. 130
N
A Freising
Canal de Schleissheimer
Fabrica de abonos
Campos de derrame
Construcciones para la explotación de la planta y viviendas
Lechos de escurrimiento
Tanques de sedimentación y digestión de los barros
ESTACION DE DEPURACION
Rejas y desarenadores
Canal de descarga directa al Isar
Deposito compensador de la orilla izquierda
Deposito compensador de la orilla derecha
Sifón
Casa de bombas
Tubería a presión
RIO ISAR
Ferrocarril de Munich a Ismaning
Canal principal de la "Sociedad del Isar Medio"
Tubería de agua a depurar
ESTANQUES DE PECES
Canal de alimentación de agua fresca
Puente de la tubería a presión
Emisario
Vía ferrea



(FIG. 131)

Ciudad de Munich. — Vista del canal del agua afluente y del exterior de las cámaras desarenadoras

sobre esta cifra pasa directamente al río sin ningún tratamiento, en la forma que ya se expresó. Según el Ingeniero Sr. Stecher, de los servicios de desagües de la ciudad, el volúmen diario tratado en tiempo seco es muy superior al del consumo diario de agua potable de Munich, debido a que hay muchas cervecerías que envían sus aguas residuales a los colectores, pero se abastecen de agua potable por pozos propios. Las aguas residuales de esos establecimientos llevan consigo mucha tierra proveniente de la limpieza de los granos.

Las aguas que se depuran en la Estación atraviesan primero unas rejas ubicadas a la entrada de las cámaras desarenadoras. Las rejas son verticales y están formadas por barras de sección circular de 5 cm. de diámetro, separadas unas de otras 7 cm. El croquis, Fig. 132, dá una idea de la forma como se limpian esas rejas. Esta operación se realiza de cuatro a ocho veces por día y el volúmen medio de resíduos retenidos, es de unos 2 m.^{3} por día (8.3 litros cada 1000 m.^{3} de aguas tratadas) que se utilizan como material de relleno. Las cámaras desarenadoras, que están emplazadas dentro de un edificio apropiado, son gemelas y prestan servicio simultánea o alternativamente, para lo que se han previsto las compuertas necesarias. Cada una tiene 8.00 m. de largo en la parte superior y 5.50 m. en el fondo, 7.60 m. de ancho y 2.50 m. de profundidad. La profundidad del agua es de unos 2.00 m., resultando la capacidad de cada cámara de unos 100 m.^{3} La velocidad de discurrimiento es de unos 25 cm por segundo. Como en todas las instalaciones similares, se depositan en ellas las materias sólidas pesadas que las aguas llevan en suspensión: gravilla, guijarros, arena, con un pequeño contenido de materias orgánicas, materias que son retiradas de las cámaras por medio de un puente-

grúa con balde en forma de concha de almeja, movido eléctricamente. Los resíduos de las rejas y cámaras desarenadoras se retiran del edificio por medio de vagonetas.

De las cámaras desarenadoras, las aguas pasan a un canal a cielo abierto de 150 m. de largo, de donde son distribuidas a los diez y seis tanques de sedimentación, dispuestos en la periferia de una parcela cuadrada, por medio de canales secundarios construídos también a cielo abierto

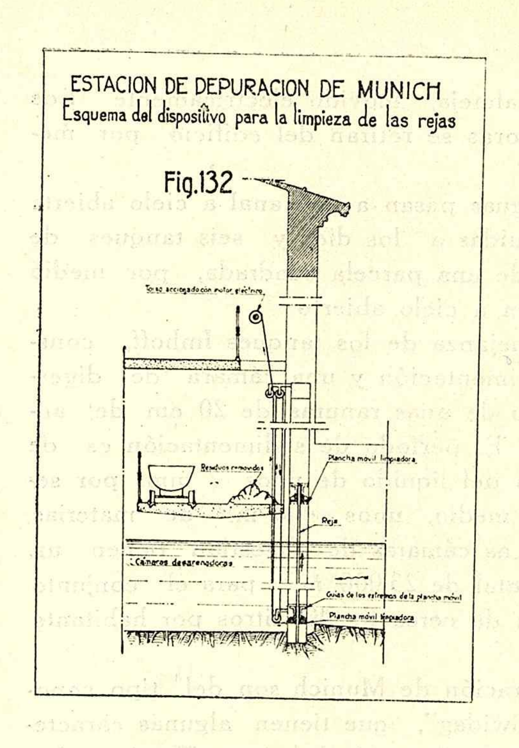
Los tanques de sedimentación, a semejanza de los tanques Imhoff, constan principalmente de dos canales de sedimentación y una cámara de digestión que se comunican entre sí por medio de unas ranuras de 20 cm. de ancho, que los canales tienen en su fondo. El período de sedimentación es de una hora y la velocidad de discurrimiento del líquido de unos 7 mm. por segundo. Diariamente sedimentan, término medio, unos 400 $m.^3$ de materias, cuyo peso específico es mayor de uno. Las cámaras de digestión tienen un volumen unitario de 1440 $m.^3$, o sea un total de 23.000 m^3 para el conjunto de los 16 tanques, resultando un volumen de cerca de 40 litros por habitante considerando la población actual.

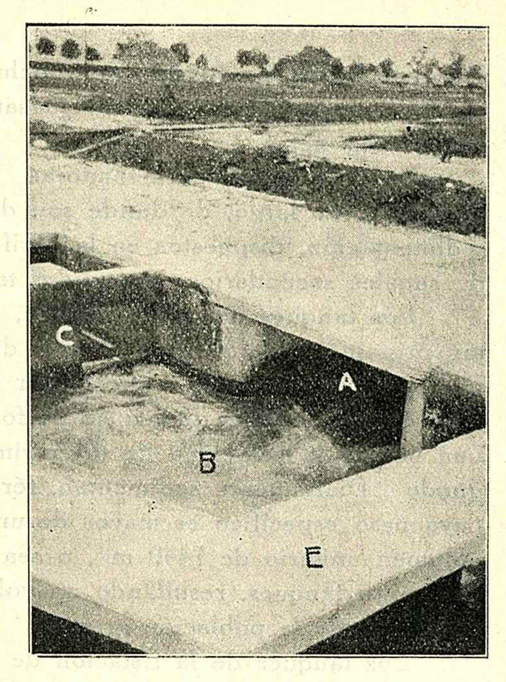
Los tanques de la Estación de depuración de Munich son del tipo conocido en Alemania con el nombre de "Diwidag", que tienen algunas características que los diferencian de los tanques similares de los tipos Travis o Imhoff. Las aguas provenientes de las cámaras desarenadoras penetran a los tanques de sedimentación a través de un vertedero A, Figs. 133 y 134, y de un compartimento de planta pentagonal B, formado por el muro de cabecera C y los cuatro lados de un diafragma D, compuesto de tablas ensambladas, colgado de una viga de hormigón armado de sección transversal en forma de ˥ cuyo miembro horizontal E, sirve de pasarela. Las aguas escapan por debajo del diafragma continuando a través de los canales de sedimentación El diafragma tiene por objeto amortiguar la velocidad que las aguas adquieren al entrar a los tanques, y su acción es complementada además con unas barras de hierro verticales, colocadas en los canales con el mismo objeto. Las cámaras de digestión de cada tanque constan de un pozo central y dos pequeños pozos situados debajo de la entrada. En estos pequeños pozos (pozos de barros frescos) se deposita una parte de las materias sedimentadas, las que no permanecen allí más de dos días, mientras que en el pozo central el resto de las materias permanece hasta su completa digestión (de 100 a 120 días, según datos que nos fueron suministrados). Los barros frescos se utilizan en la fabricación de abonos.

Como lo ideara el Dr. Travis para los tanques que llevan su nombre, en los de la Estación de depuración de Munich, se introduce en las cámaras de digestión una cantidad de aguas residuales frescas, retirándose del líquido que sobrenada en las mismas cámaras una cantidad igual, que se descarga conjuntamente con el efluente de los tanques El volúmen de aguas frescas que se introduce varía de un 1 a un 2 °/₀ del volúmen que atraviesa cada tanque. (1)

---

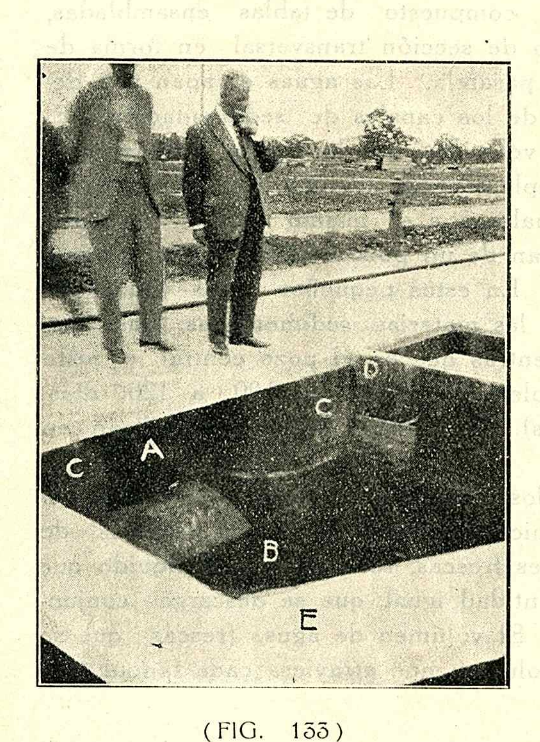
(1) El Dr. Travis hacía pasar un volúmen equivalente al 20 °/₀ del caudal tratado.





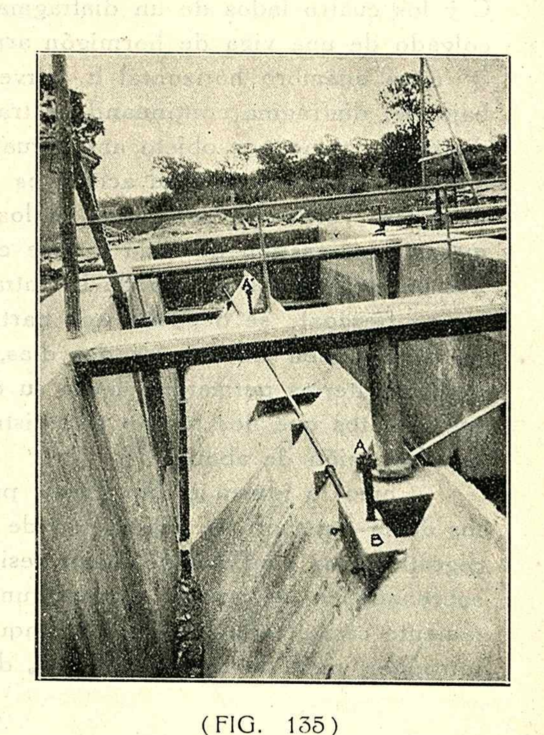
(FIG. 134)

Ciudad de Munich. — Vista del vertedero de entrada de un tanque de sedimentación de la estación de depuración



(FIG. 133)

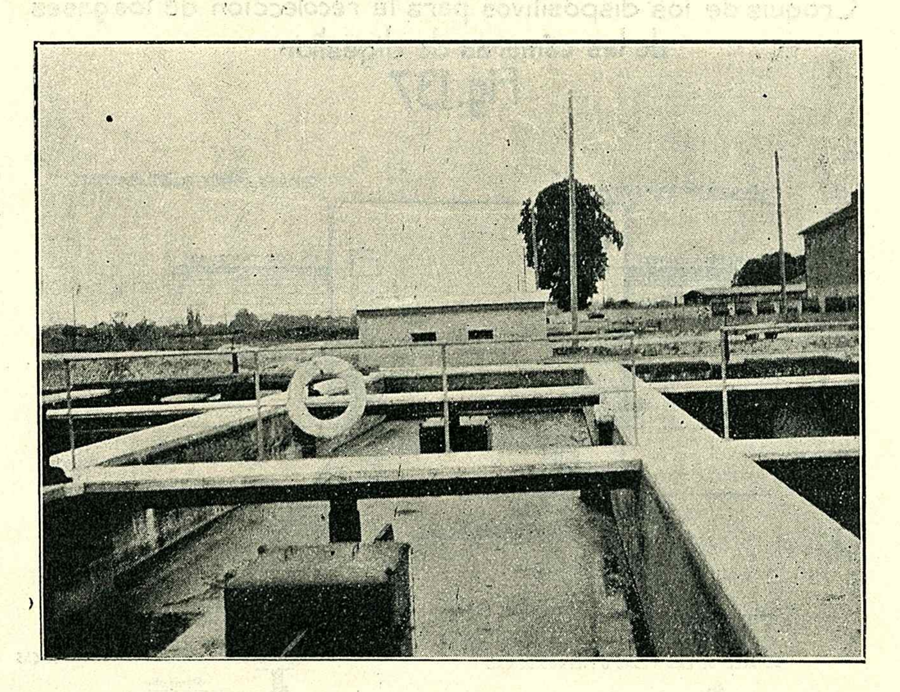
Ciudad de Munich. — Vista del vertedero de entrada de un tanque de sedimentación de la estación de depuración



(FIG. 135)

Ciudad de Munich. — Vista de la chimenea de gases de un tanque de sedimentación de la estación de depuración

De las informaciones recogidas durante la visita realizada, el suscrito ha deducido que en la práctica no se han confirmado las ventajas que teóricamente se predijeron con el pasaje del agua fresca a través de las cámaras de digestión y con la división de dicha cámara en diversos compartimentos; lo que parece confirmar los resultados obtenidos en las experiencias realizadas en otras plantas, que han demostrado que la introducción de un volumen de aguas frescas a través de las cámaras de digestión no activa el proceso que en ellas se realiza ni mejora la calidad de los barros digeridos, y que la mezcla de las aguas retiradas de las cámaras de digestión con el efluente de los tanques, empeora la calidad de este último. El informante cree oportuno recordar que muchas de las modificaciones que en Alemania se han hecho a los tanques Imhoff no han tenido



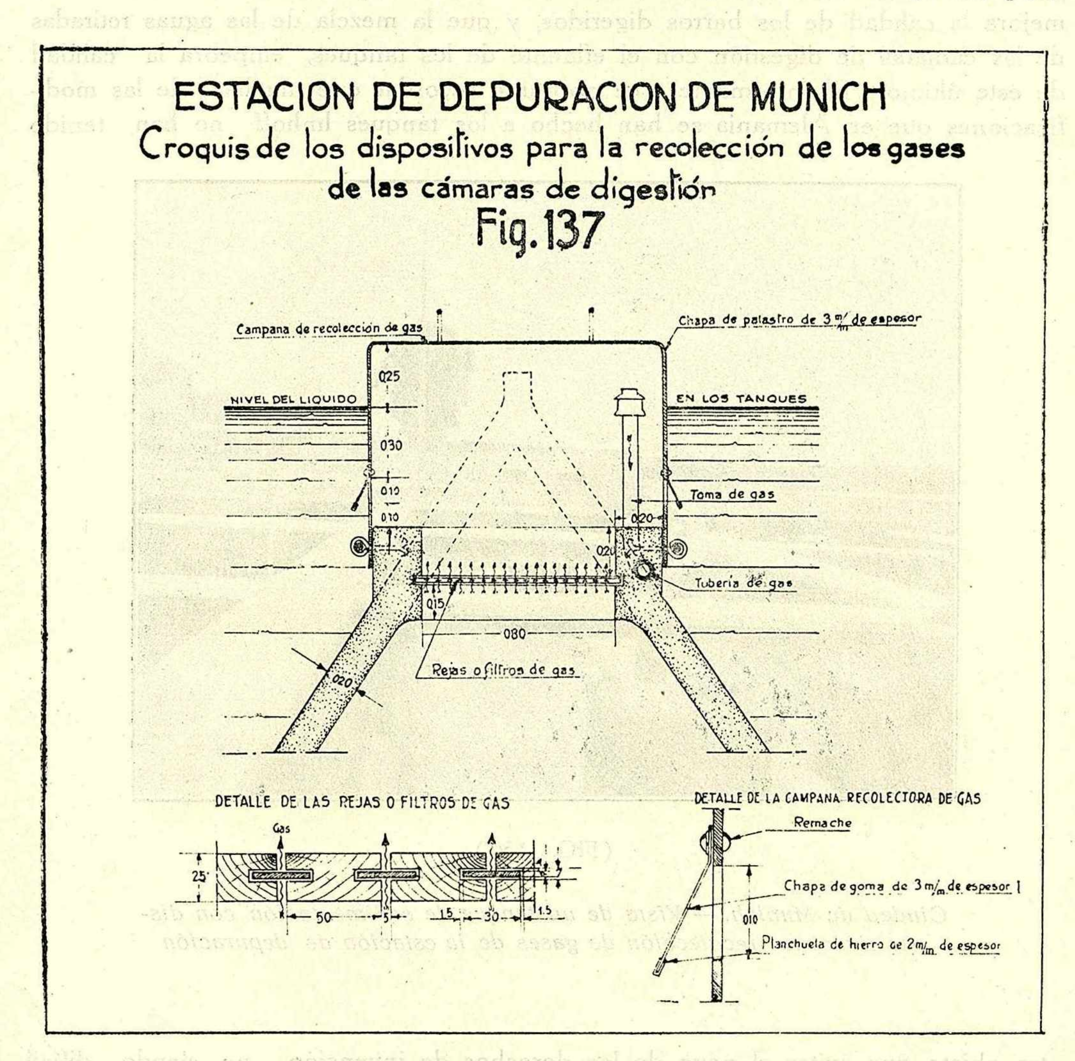
(FIG. 136)

Ciudad de Munich. — Vista de un tanque de sedimentación con dispositivo para recolección de gases de la estación de depuración

otro objeto que evitar el pago de los derechos de invención, no siendo difícil que respondiera a eso la introducción de agua fresca en las cámaras de digestión de los tanques Diwidag.

En Munich se realizaron experiencias sobre recolección y aprovechamiento de los gases de las cámaras de digestión, para lo cual se equipó uno de los tanques. Los resultados fueron tan satisfactorios que se resolvió ejecutar las obras necesarias para la recolección y aprovechamiento de los gases de todos los tanques, obras que se estaban realizando cuando el suscrito visitó las instalaciones. Los técnicos de Munich creen poder obtener anualmente de 4 a 5 m.^{3}

de gas por habitante. El gas tiene un poder calorífico de unas 6800 calorías. La Fig. 135 muestra el recubrimiento de hormigón armado de la parte superior de una cámara de digestión o "chimenea de gases" en construcción. Pueden verse los puntos de captación o "tomas" A — A' y los asientos de las campanas de recolección B. La Fig. 136 muestra las campanas de una estructura igual, en pleno funcionamiento. El croquis Fig. 137, permite apreciar la disposición de las tomas y las rejas o filtros colocados debajo de las campanas, para



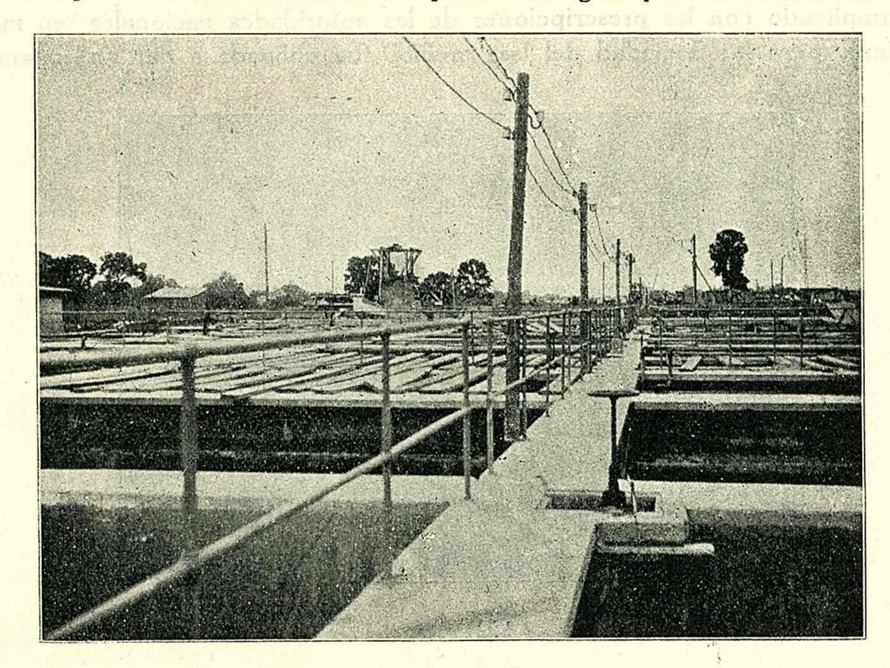
evitar que pasen a las cañerías de conducción del gas, cuerpos extraños de gran volumen. El gas de los tanques de sedimentación de esta Estación de depuración será vendido al Municipio de la ciudad, para atender los servicios públicos, mezclado con el gas de hulla utilizado hasta la fecha.

El efluente de los tanques de sedimentación descarga en un canal perimetral que los circunda y se prolonga en la dirección del río como canal de evacuación.

Los barros no digeridos de los pequeños pozos o compartimentos de las

cámaras de digestión y los barros digeridos de los compartimentos centrales, se retiran por gravedad, por medio de tubos de fundición que descargan en unas canaletas especiales, que a su vez los conducen, también por gravitación, a un pozo de almacenamiento situado en el centro de la instalación, de donde son elevados periódicamente a los lechos de escurrimiento, por medio de eyectores automáticos. La carga hidrostática sobre las bocas de descarga de los tubos de fundición es de 2.00 m. y la pendiente de las canaletas de barros de 1 : 25. Las extracciones se hacen en períodos de una a tres semanas.

Hay 20 lechos de escurrimiento con una superficie de 570 m.² cada uno, o sea un total de 11 400 m.² (51 personas servidas por metro cuadrado). Los lechos están compuestos por una capa de 30 cm. de cantos rodados recubierta por una capa de arena de reducido espesor. El agua que abandonan los barros



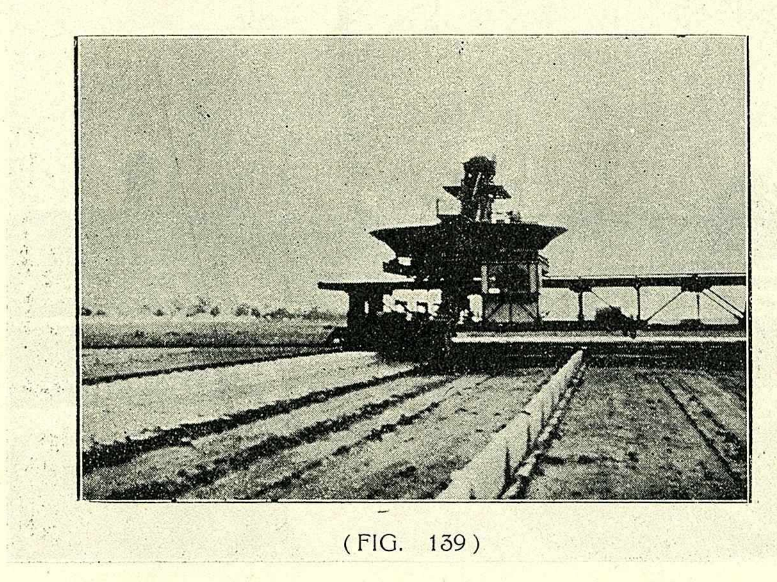
(FIG. 138)

Ciudad de Munich. -- Vista del conjunto de tanques de sedimentación de la estación de depuración

se pierde la mayor parte por evaporación y el resto por infiltración en el terreno, según los técnicos de la Estación. Los barros secos se retiran por medio de una máquina Fig. 139, especie de excavadora a cangilones que se desplaza en el sentido longitudinal de los lechos, sobre rieles colocados sobre los muretes divisorios. La máquina tiene en su parte superior una tolva donde se recoge el barro levantado en cada recorrido. El conjunto formado por esa tolva y el bastidor o "chassis" que lleva los cangilones, se desplaza transversalmente sobre las vigas armadas que constituyen el carro, de modo que en cada movimiento de avance de la máquina se retira una capa de unos 60 cm. de ancho. Al fi-

nal de un recorrido se descarga el contenido de la tolva en vagonetas que se mueven sobre rieles Decauville. Se han colocado los rieles y desvíos necesarios para el desplazamiento de la máquina. Los barros secos se emplean en gran parte en una instalación agrícola de 170 hectáreas de extensión anexa a la Estación, el resto se vende a los agricultores. Cuando se juzga oportuno, se elevan los barros directamente de los tanques de sedimentación a los campos de cultivo, operación que se realiza pocas veces en el año. Se retiran diariamente de los tanques de sedimentación unos 180 m.^{3} de barros digeridos. Los barros al salir de los tanques contienen de 88 a 90 °/o de agua y al ser retirados de los lechos de escurrimiento de 60 a 55 °/o.

Las autoridades municipales de Munich no creyeron necesario dar a las aguas otro tratamiento que el descripto anteriormente, para poder vertirlas al río Isar, cumpliendo con las prescripciones de las autoridades nacionales en materia de higiene, pero la "Sociedad del Isar medio" fué obligada a dar un tratamiento



(FIG. 139)

Ciudad de Munich. — Máquina para la extracción de barros secos de los lechos de escurrimiento de la estación de depuración

secundario al efluente de los tanques de sedimentación, a su solo costo, por orden del "Servicio de vigilancia y conservación de los cursos de agua", antes de utilizarlo en sus usinas hidroeléctricas. Dicha Sociedad optó por el sistema de depuración biológica en grandes estanques de peces, fundándose en los resultados obtenidos en Estrasburgo, Holanda y otros lugares, y para sacar partido de la ubicación y disposición excepcionales de las instalaciones.

Los técnicos de dicha Sociedad juzgaron conveniente completar la depuración preliminar hasta poder retener el 69 °/o de las materias sólidas en suspensión en las aguas, para lo que construyeron en prolongación del canal de evacuación de la Estación de Grosslappen, a un lado y al otro del río Isar, dos es-

tanques de sedimentación simple, que se utilizan al mismo tiempo como depósitos compensadores. Las aguas quedan retenidas en esos depósitos algunas horas cada día, donde para evitar cualquier alteración, se las mezcla con agua fresca del canal de la Sociedad. La velocidad de discurrimiento de las aguas a través de esos depósitos es de 0.90 m. por segundo, cuando la compuerta de salida está completamente abierta y de 0.13 m. por segundo cuando está cerrada. Los depósitos tienen en conjunto una longitud de 1300 m. y una capacidad de unos 70.000 m.³. Están unidos por un sifón construído a través del río Isar, con dos caños de 1.80 m. de diámetro, de chapa de acero de 10 mm. de espesor soldada, revestidos con hormigón y emplazados sobre un puente metálico. La velocidad del agua a través del sifón es de 0.50 a 1.60 m. por segundo para evitar sedimentaciones.

En la extremidad Este del depósito de la margen derecha del río, se ha levantado una gran casa de bombas, equipada con tres grupos compuestos cada uno de dos bombas centrífugas, acopladas directamente a un motor sincrónico de corriente alterna de 1200 C. V., que elevan las aguas a los estanques de peces. La altura de elevación es de 10.00 m. y cada bomba puede elevar 1.23 m.³ por segundo, o sea 7.38 m.³ por segundo entre las seis bombas. La tubería de impulsión es de chapa de acero soldada; tiene 2.00 m. de diámetro interior y está enterrada 1.00 m. bajo el nivel del terreno natural. Atraviesa el canal de la Compañía sobre un puente de hormigón armado constituído por un arco de tres articulaciones, de 28.40 m. de luz. Después de atravesar el canal hay emplazadas unas compuertas, a partir de las cuales la tubería está formada por tubos de hormigón armado, de 3.00 m. de longitud y 12 cm. de espesor, fabricados por centrifugación, unidos con juntas de mastic bituminoso. La presión de trabajo de esta tubería varía de 2.4 atmósferas en los primeros tramos, a 0.7 atmósferas al final del recorrido. La longitud de la tubería de hormigón armado es de 7.5 km. En el kilómetro 3 se ha construído una chimenea de equilíbrio de 14.00 m. de altura, dentro de una torre de 21.00 m. de altura, para preservar las canalizaciones de las sobre-presiones inadmisibles. El agua que escapa de la extremidad superior del tubo vertical que constituye la chimenea, se recoge en otros cuatro tubos que descargan en el estanque de peces más próximo.

La tubería de impulsión descrita contornea en su recorrido los estanques de peces, a los que conduce el agua a depurar. Los estanques de peces han sido construídos inmediatos al canal principal de la "Sociedad del Isar medio", desde el kilómetro 6,100 hasta el kilómetro 13,800, Fig. 129. Están limitados por el Sur, por un canal a cielo abierto que conduce el agua fresca necesaria para el tratamiento de las aguas residuales, que se extrae del canal principal de la Sociedad, por medio de una toma regulada automáticamente, y están limitados por el norte por un foso o canal a cielo abierto que recoge las aguas depuradas y las conduce hasta la usina hidroeléctrica de Finsing. Dicho foso corre al pie de la diga Sur del canal principal de la Sociedad. La faja comprendida entre este canal y el de alimentación tiene un ancho de 450 m. y está dividida en treinta y un estanques grandes y una cantidad mayor de pequeños, por medio de digas de poca altura. Para que los rayos solares puedan destruír las acumulaciones de algas perjudiciales que se forman en su fondo, los estanques tienen una profun-

didad máxima de 0.90 m. (1). La antigua superficie del terreno natural constituye el fondo de todos los estanques. Las digas fueron construídas con los materiales extraídos en las excavaciones del canal de alimentación del foso de desagüe y de un canal o foso de evacuación profundo, excavado desde las instalaciones hacia el Sur, en la dirección de Johanneskirchen, que se utilizará además de foso de drenaje de las tierras de esa región. El estanque inmediato a la toma del canal de alimentación de agua fresca se usa como tanque de sedimentación, haciéndose llegar a él las aguas del Isar en épocas de creciente para despojarlas de parte de las materias en suspensión que llevan entonces. El pasaje de las aguas a través de dicho estanque permite también igualar su temperatura con la de los estanques con peces, lo que es fundamental, pues los peces son muy sensibles a cualquier alteración de esa especie. Cada estanque grande recibe las aguas a depurar por tres entradas regulables y evacúa las depuradas por tres descargas directas al foso de evacuación, también regulables, y distantes una de otra 70 m. Las descargas centrales permiten desagotar los estanques para retirar los peces. Las aguas a depurar entran a los estanques a través de bocas de descarga de fundición, emplazadas sobre los vertederos de descarga del agua fresca. Las aguas a depurar, debido a la presión que traen, son descargadas en forma de lluvia, lo que facilita la absorción de oxígeno del aire y su mezcla con el agua fresca. La mezcla se hace en relación variable de 1 : 3 a 1 : 5.

Como se ha dicho al describir las instalaciones similares de Estrasburgo, el proceso de depuración que se realiza en los estanques es una consecuencia de la vida animal y vegetal intensa que dentro de ellos se desarrolla. Los millones de microbios y protozoarios que viven en los estanques transforman las sustancias orgánicas de las aguas en alimentos para las algas, hongos y para las plantas y animales mejor organizados, como babosas, gusanos, larvas, cangrejos, de modo que a la salida de los estanques las aguas tienen una composición aceptable desde el punto de vista higiénico, comparable a la de los cursos de agua normales. La gran cantidad de organismos vegetales y animales que pueblan los estanques sirven para la nutrición de los peces que se introducen en ellos: carpas, sollos, etc. (con aguas muy diluídas, truchas de la familia conocida con el nombre de "arco iris") y aves acuáticas (patos, casi exclusivamente). Según los técnicos de la "Compañía del Isar medio" anualmente se retiran por hectárea unos 500 kgs. de peces y 250 kgs. de carne de las aves. Las instalaciones descriptas tienen un área de 233 hectáreas, de modo que el rendimiento anual medio puede calcularse en 116.500 kgs. de peces y 58.250 kgs. de carne de los patos; cifras que corroboran lo dicho al final del capítulo dedicado a la Estación de depuración de Estrasburgo, sobre las ventajas económicas del sistema de depuración biológica por medio de estanques de la clase descripta. La "Sociedad del Isar medio" dispone de tierras como para poder destinar en total 323 hectáreas a la construcción de estanques.

El efluente de los estanques de peces era claro y según nuestros informantes, no putrescible.

---

(1) La profundidad de cada estanque aumenta del extremo de entrada (0.30 m.) al de salida (0.90 m.).

La impresión recogida por el informante durante su visita a la Estación de depuración de la ciudad de Munich fué muy buena. Los estanques de peces destinados al tratamiento aerobio del efluente de los tanques de sedimentación, constituyen, fuera de duda, la característica más notable del conjunto, significando una feliz aplicación de las experiencias realizadas en otras localidades anteriormente. El informante tuvo oportunidad de apreciar el riguroso criterio científico seguido en la elección de las especies animales y vegetales, su cría y reproducción, práctica que a su juicio, es imprescindible para el éxito de explotaciones de ese género.

Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la ciudad de Manchester

La ciudad de Manchester cuenta con una red de alcantarillado muy completa, del sistema unitario. La longitud total de colectores es de 43 km. y sus diámetros varían de 0.65 a 4.65 m. Han sido construídos con ladrillos prensados de la más alta calidad, asentados con mortero de cemento portland. Las aguas residuales son tratadas en dos estaciones de depuración principales: las estaciones de Davyhulme y Withington; en otras dos pequeñas plantas, Moss Side y Middleton, se tratan únicamente aguas pluviales.

El informante recorrió gran parte de las Estaciones de Davyhulme y Withington que cuentan con instalaciones de muy diversos tipos y de distinta capascidad, pero teniendo en cuenta la importancia de las investigaciones realizadas por los técnicos que las dirigen, en lo que a tratamiento de las aguas residuales por medio de barros activados se refiere, les dió especial preferencia a las instalaciones destinadas a esa clase de tratamiento, y a ellas se referirá casi exclusivamente. (1). Las otras instalaciones no presentan ninguna característica destacable, siendo semejantes a otras descriptas en este trabajo.

a) Estación de Withington

En Withington se tratan las aguas provenientes de uno de los barrios de la ciudad. Las aguas residuales que primitivamente llegaban a esta Estación, eran tratadas en campos de derrame. Más tarde se construyeron cámaras desarenadoras, tanques de sedimentación y lechos de contacto. En 1917 se transformó una parte de uno de los dos tanques de sedimentación en tanque de aeración y decantación para el tratamiento de las aguas por medio de los barroactivados y por último en 1923 se transformó, con igual fin, una tercera parte de los lechos de segundo contacto existentes.

---

(1) Aunque puede discutirse a quien o a quienes deben considerarse como descubridores del procedimiento de depuración por medio de los barros activados, es unanimemente aceptado que el Dr. E. Arden y W. T. Lockett, Químicos de la "Junta de desagües" de Manchester, fueron los primeros en destacar la importancia del rol desempeñado por aquellos barros durante el tratamiento. A los mencionados investigadores se debe la denominación corriente de esos barros.

La población total servida por el conjunto de las instalaciones de Withington es de unos 76.000 habitantes y el caudal medio diario tratado de unos 18 000 m.^{3}, o sea aproximadamente 236 litros por habitante y día. Las aguas llegan a la Estación de depuración por gravedad, con excepción de una pequeña parte. Son de origen puramente doméstico y poco cargadas.

Las aguas residuales que llegan a la planta de Withington, pasan primero a través de rejas y cámaras desarenadoras o tanques de detritus, como se les llaman en Inglaterra generalmente, cuya capacidad global es equivalente al volumen medio de aguas que en tiempo seco llega en 40 minutos a la Estación. Las cifras del cuadro N.° 17 permiten tener una idea de la calidad del efluente de esas instalaciones.

CUADRO N.° 17

CIUDAD DE MANCHESTER

ESTACION DE DEPURACION DE WITHINGTON

Composición del efluente de las cámaras desarenadoras

Materia sólida en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas a 26.° C.	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo
en p. p. m.			
185	42.0	30.0	9.4

Como ya se dijo, en la planta de Withington hay dos instalaciones de barros activados en las que se usa el sistema de aeración por insuflación de aire.

La instalación más antigua fué proyectada para tratar unos 1.100 m.^{3} por día, término medio, pero actualmente trata alrededor de 1.400 m.^{3}. Está constituída por un tanque de aeración y un decantador final.

El tanque de aeración tiene unos 30 m. de longitud por 6.70 m. de ancho y está dividido por cuatro tabiques longitudinales, en cinco canales de 1.20 m. de ancho, que en conjunto forman un solo canal de aeración de 150 m. de longitud. La profundidad del agua es de 1.80 m. El esquema Fig. 140 y la fotografía Fig. 141, tomada desde la entrada del tanque de aeración, permiten apreciar la importancia de las instalaciones. El fondo del canal está formado por una sucesión de dientes transversales, cuyas caras forman con el plano horizontal un ángulo de 35° Los difusores a través de los cuales se hace la insuflación del aire, están emplazados en filas, a lo largo de los canales que forman dos dientes inmediatos; la distancia de un difusor a otro es de unos 2.00 m. El área de difusión es un séptimo del área cubierta por las aguas en el tanque de aeración. La columna líquida sobre los difusores tiene una altura de 1.65 m. Los difusores que se utilizan en Manchester están constituídos por placas

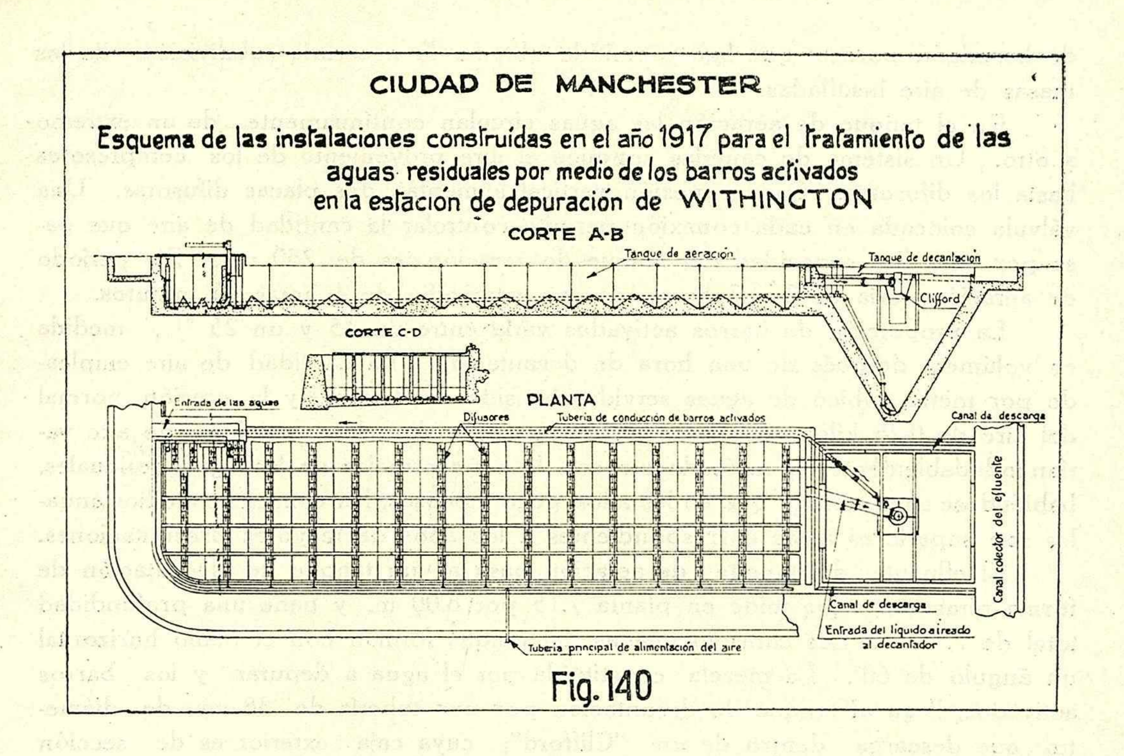
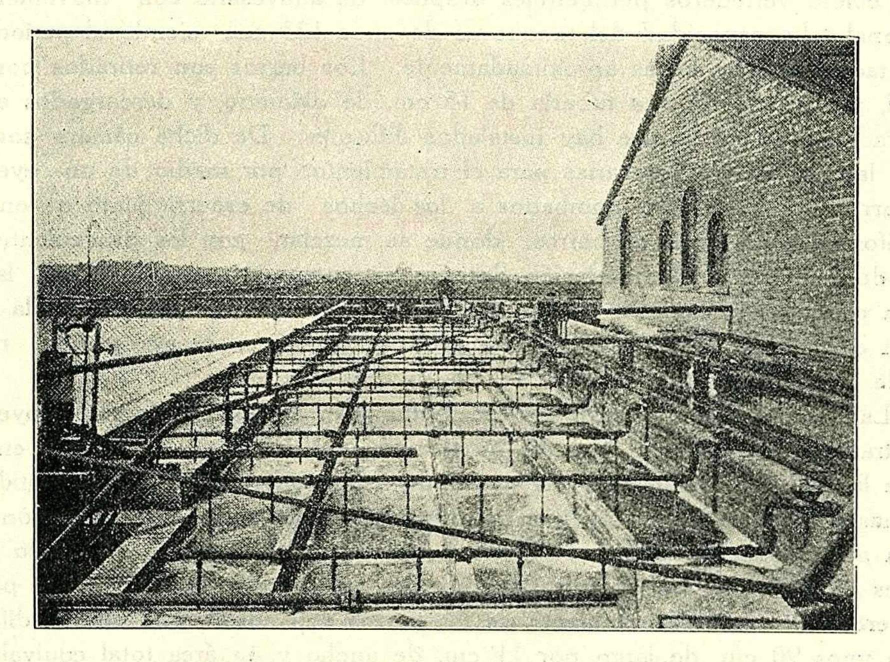


Fig. 140



(FIG. 141)

Ciudad de Manchester. — Vista de los tanques de aeración de la estación de depuración de Withington

de hormigón poroso, que han permitido obtener la necesaria subdivisión de las masas de aire insufladas.

En el tanque de aeración las aguas circulan contínuamente de un extremo a otro. Un sistema de cañerías conduce el aire proveniente de los compresores hasta los difusores. Cada conexión vertical alimenta dos placas difusoras. Una válvula colocada en cada conexión permite controlar la cantidad de aire que pasa por ella. La capacidad del tanque de aeración es de 250 $m.^3$. El período de aeración varía de 2 a 7 horas, con un promedio de 4 horas 45 minutos.

La proporción de barros activados varía entre un 15 y un 25 °/o, medida en volúmen, después de una hora de decantación. La cantidad de aire empleado por metro cúbico de aguas servidas ha sido de 8.7 $m.^3$ y la presión normal del aire de 0.28 kilogramos por centímetro cuadrado. Los consumos de aire varían indudablemente, en razón directa con la concentración de las aguas residuales, habiéndose comprobado que en los años poco lluviosos, los consumos medios anuales son superiores a los correspondientes a los años de mayores precipitaciones.

El efluente del tanque de aeración pasa a un tanque de decantación de forma piramidal, que mide en planta 7.15 por 8.00 m. y tiene una profundidad total de 7.15 m. Las caras inclinadas del tanque forman con el plano horizontal un ángulo de 60°. La mezcla constituída por el agua a depurar y los barros activados, llega al tanque de decantación por una tubería de 38 cm. de diámetro que descarga dentro de un "Clifford", cuya caja exterior es de sección cuadrada de 1.80 m. de lado. El efluente del tanque de decantación descarga sobre cuatro vertederos perimetrales después de atravesarlo con movimiento ascensional. La capacidad del tanque es de unos 123 $m.^3$, siendo el período de decantación de dos horas aproximadamente. Los barros son retirados por gravedad, por medio de una tubería de 15 cm. de diámetro, y descargados en una cámara especial, en la que hay instalados difusores. De dicha cámara son elevadas las cantidades necesarias para el tratamiento, por medio de un eyector y los barros en exceso son bombados a los lechos de escurrimiento o enviados por sifonaje a un pozo de barros, donde se mezclan con los provenientes del resto de la planta. La instalación descrita no cuenta con tanques para la reaeración o acondicionamiento de los barros activados. Para que se pueda apreciar la calidad del efluente normal de estas instalaciones se agregan los resultados de un análisis en el cuadro N.° 18.

Las instalaciones construídas en Withington en 1923, fueron proyectadas para tratar unos 4.500 $m.^3$ por día en tiempo seco y hasta 13.600 $m.^3$ en tiempo de lluvia. Son similares a las descriptas. Las diferencias fundamentales entre unas y otras consisten en que los difusores de los canales de aeración de la planta más moderna, están colocados longitudinalmente, de un solo lado de los canales en lugar de estar emplazados en filas transversales y que se ha previsto la reaeración o acondicionamiento de los barros activados. Las placas difusoras tienen unos 90 cm. de largo por 11 cm. de ancho y un área total equivalente a un 17 °/o del área del tanque de aeración. La relación entre el área de difusión y la del tanque es de 1 a 23, entendiéndose por área de difusión la superficie neta ocupada por las losas porosas.

El tanque de aeración tiene una capacidad global de unos 1.500 $m.^3$ y 55

CUADRO N.º 18

CIUDAD DE MANCHESTER

ESTACION DE DEPURACION DE WITHINGTON

Composición del efluente final de las instalaciones de barros activados construidas en 1917

Materia sólida en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Nitritos en N H³	Nitratos en N H³	Consumo bio-químico de oxígeno (Royal Commission Test.
		en p. p. m.				
11.9	7.0	28.4	2.0	Indicios	1.0	14.3 (1)

(1) El análisis conocido por "Royal Commission Test" consiste en apreciar el oxígeno absorbido en una solución del efluente hecha en agua de la distribución pública, manteniendo la muestra en ensayo durante 5 días a 18.º C.
Las recomendaciones de la "Real Comisión para el tratamiento de las aguas residuales" prescriben que el consumo bio - químico de oxígeno de los efluentes finales de las plantas de depuración, no debe exceder de 20 p. p. m.

m. de largo por 18 m. de ancho, medidos desde la parte exterior de los muros. Está dividido en el sentido longitudinal por dos tabiques, que forman dos canales de aeración independientes situados a los lados de un canal central, utilizado como canal de retorno y acondicionamiento de los barros. Cada canal lateral tiene 54.00 m. de longitud por 6.10 m. de ancho y una capacidad de unos 660 m.³. Está dividido por dos tabiques longitudinales, resultando un canal de aeración de 162 m. de largo por 1.90 m. de ancho; la profundidad media del agua es de 2.10 m. Cada 10 m., término medio, hay colocados tabiques transversales con aberturas o pasajes de 0.45 m. por 0.60 m., con el objeto de provocar la mezcla íntima del agua y los barros activados.

El canal de acondicionamiento tiene una longitud de unos 49 m., un ancho medio en la parte ocupada por el líquido de 1.80 m., una profundidad de 1.70 m. y una capacidad de 160 m.³. Está dotado de tabiques transversales, en forma similar a los canales de aeración.

Los fondos de los canales de aeración son planos. La disposición de los difusores en filas longitudinales y la construcción plana del fondo de los canales ha permitido reducir los gastos de construcción y reducir casi un 50 °/。 el área de difusión y los gastos de explotación, por lo consiguiente. El acondicionamiento de los barros se ha juzgado muy beneficioso y hasta necesario por tratarse de aguas algo cargadas. Un sistema de cañerías distribuye el aire entre los difusores de ambos canales, en forma similar a la instalación primitiva. El período de aeración varía de 2 horas 35 minutos a 7 horas y media, con un promedio de 6 horas y media El período de acondicionamiento medio es de unas 4 horas. La proporción de barros varía de un 10 a un

20 °/₀, medido en volúmen, después de una hora de decantación. La cantidad de aire empleado en los canales de aeración y acondicionamiento por metro cúbico de aguas servidas es, término medio, de unos 7.9 m.³. La presión normal del aire es igual a la de la otra instalación.

El efluente de los canales de aeración pasa a un tanque de decantación de forma piramidal que tiene cuatro pozos de retención de barros, simétricamente dispuestos. Las aguas entran al tanque a través de 4 "Cliffords" ubicados en el centro de cada pozo y se descargan por la periferia del tanque. Los barros son elevados a la cámara de acondicionamiento. El período de decantación varía desde un mínimo de 40 minutos a un máximo de 1 hora y media, con un promedio de 1 hora 10 minutos. Los resultados que se consignan en el cuadro N.° 19 permiten apreciar la calidad del efluente medio de la planta.

CUADRO N.° 19

CIUDAD DE MANCHESTER

ESTACION DE DEPURACION DE WITHINGTON

Composición del efluente final de las instalaciones de barros activados construidas en 1923

Materia sólida en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Nitritos	Nitratos	Consumo bioquímico de oxígeno (Royal Commission Test)
			en p. p. m.			
13.3	7.4	28.7	2.2	Indicios	0.8	15.2

La experiencia recogida en estas dos instalaciones ha demostrado que las placas difusoras deben ser sustituidas cada cinco años de funcionamiento, término medio.

Hay dos compresores de movimiento recíproco, accionados por motores eléctricos de 27 y 30 H. P. respectivamente, capaces de comprimir unos 20 m.³ de aire por minuto y un tercer compresor, accionado por motor eléctrico de 25 H. P. capaz de comprimir unos 11 m.³ de aire por minuto. Ordinariamente trabaja este compresor y uno de los grandes, quedando el otro como reserva. Se han previsto los aparatos necesarios para apreciar los consumos de aire y energía.

Los barros residuales de la Estación de depuración de Withington son esparcidos sobre terrenos destinados a ese objeto, utilizados como relleno o transportados y descargados en el mar. He aquí un estado demostrativo de los barros retirados, en un año, del conjunto de las instalaciones:

Materias recogidas en las rejas	376	toneladas
Tanque de sedimentación preliminar del colector alto . . .	558	»
Tanques de detritus		
Tanques de sedimentación	22.360	»
Tanques de decantación (barros activados)		
Tanques tipos Imhoff existentes	467	»
Total	23.761	toneladas

Relacionando este volúmen con el volúmen de aguas tratado el mismo año, 6.500.000 m.^{3}, se tiene una producción de 3.65 toneladas de barros por cada mil metros cúbicos de agua. Anualmente se retiran de las instalaciones de barros activados unas 9 toneladas de barros en exceso, con 98.8 °/₀ de humedad. Dichos barros contienen 32.9 °/₀ de materias minerales, 67.1 °/₀ de materias orgánicas y volátiles. La proporción de nitrógenos (en N) es de 5.4 °/₀.

En Withington se han hecho ensayos sobre el valor fertilizante de los barros activados. Se dividió un terreno en cuarenta y cinco parcelas de 90 m.^{2} cada una, que se agruparon en tres lotes de 15 parcelas y se sembraron con trigo, hortalizas, etc. después de preparar las tierras así:

a) 3 parcelas de control no recibieron abono;

b) 3 parcelas fueron abonadas con sulfato de amonio en dosis de 45 kgs. de nitrógeno por hectárea;

c) 3 parcelas fueron abonadas con el mismo producto en dosis de 90 kgs. por hectárea;

d y e) 6 parcelas fueron abonadas con barros activados de modo que el nitrógeno agregado fuese equivalente al contenido en el sulfato de amonio en los dos casos precedentes.

El cuadro N.° 20 da los resultados obtenidos con el trigo, pues las otras plantaciones no brotaron o lo hicieron en forma que no permitió sacar conclusiones.

CUADRO N.° 20

CIUDAD DE MANCHESTER

Resultados de las experiencias realizadas en la estación de depuración de Withington para apreciar el poder fertilizante de los barros

Tratamiento	GRANO RECOGIDO				
	PARCELAS			Total en kgs.	Hectólitros por hectárea
	1er. lote Kgs.	2.o lote Kgs.	3er. lote Kgs.		
Parcelas a)	7.90	7.05	5.90	20.85	10.3
Parcelas b)	16.00	10.90	16.70	43.60	21.6
Parcelas c)	16.30	14.00	10.00	40.30	20.0
Parcelas d)	16.00	16.00	11.80	43.80	21.6
Parcelas e)	16.70	16.70	15.40	48.80	24.3

Como puede verse, las experiencias de Withington confirmaron los resultados obtenidos en otras estaciones de depuración. El empleo de los barros activados como fertilizante permitió doblar el peso de los granos cosechados, el nitrógeno de los barros fué asimilado por las plantas en su nutrición y el valor fertilizante de los barros resultó equivalente al del sulfato de amonio.

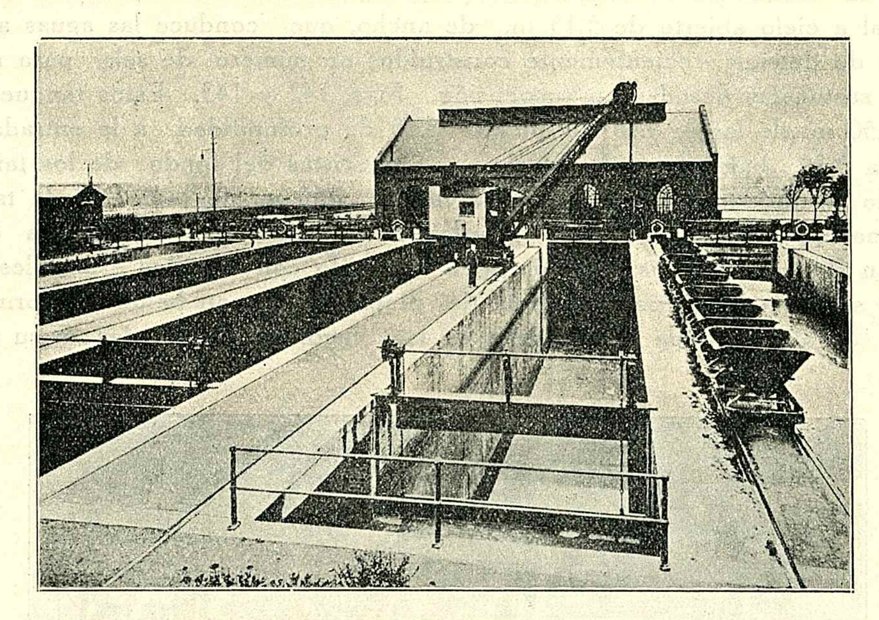
b) Estación de Davyhulme

La Estación de depuración de Davyhulme está situada a unos 8 kilómetros de la ciudad de Manchester y en ella se trata la mayor parte de las aguas residuales de dicha ciudad. A la mencionada estación llegan las aguas de una red de alcantarillado que sirve a una población de 750 000 habitantes, con un volúmen medio diario de 250 000 metros cúbicos incluyendo las aguas pluviales, o sea unos 300 litros por habitante y día. La planta primitiva que se puso en funcionamiento en el año 1894, contaba con las instalaciones necesarias para tratar las aguas por precipitación química. Fué modificada y completada en 1904 instalándose lechos bacterianos de primer y segundo contacto, una parte de los cuales fué reemplazada en 1922 por las instalaciones de barros activados que describiremos. Actualmente está en ejecución un vasto plan de ensanche de las instalaciones de depuración, aprobado por el Ministerio de Higiene en 1925, que comprende nuevos tanques de detritus y nuevas rejas; nuevas unidades para el tratamiento por los barros activados, capaces de tratar como mínimo la mitad del caudal diario que llega a Davyhulme en tiempo seco y la proporción de agua de lluvia correspondiente; la construcción de una canalización para la conducción de los barros hasta los terrenos de propiedad municipal situados en Flixton y Carrington. De ese plan estaban terminados y en funcionamiento en la época de la visita hecha por el informante a la planta de Davyhulme, los tanques de detritus y las rejas, de los que hablaremos a continuación.

Las aguas que llegan a la estación de Davyhulme son más cargadas que las de Withington, por estar mezcladas en mayor proporción con aguas de origen industrial, aunque de acuerdo con la clasificación admitida por el Ministerio de Salud Pública de Inglaterra pueden considerarse como poco cargadas. (1)

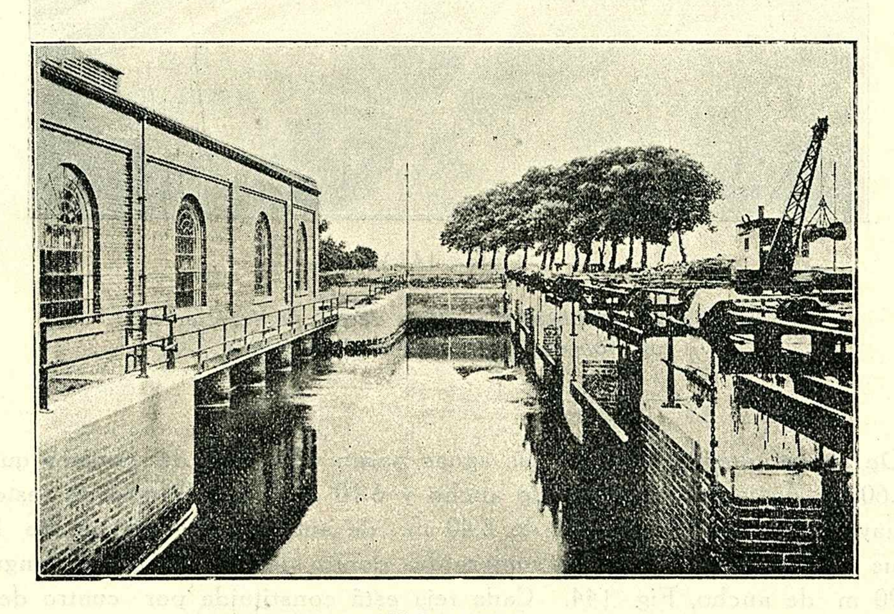
(1) El Ministerio de Salud Pública de Inglaterra ha hecho la siguiente clasificación:

Clase de las aguas residuales	Oxígeno absorbido en 4 horas a 26.6° C.
Débiles o poco cargadas	98 a 112 p. p. m.
Medianamente cargadas.	140 » 168 » » »
Cargadas	238 » 350 » » »



(FIG. 142)

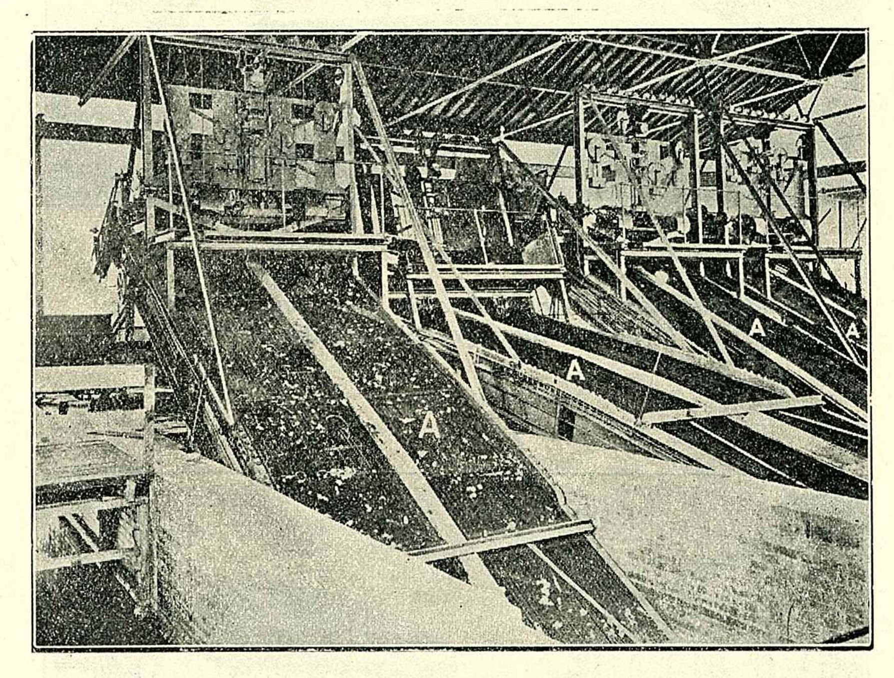
Ciudad de Manchester. — Vista de ɩos tanques de detritus de la estación de depuración de Davyhulme



(FIG. 143)

Ciudad de Manchester. — Vista de los tanques de detritus de la estación de depuración de Davyhulme

A la entrada de la estación de Davyhulme se reunen dos emisarios en un canal a cielo abierto de 5.15 m. de ancho, que conduce las aguas a los tanques de detritus recientemente construídos en número de seis, para remover las sustancias pesadas en suspensión, Figs. 142 y 143. Estos tanques tienen 36.50 m. de largo, 4.85 de ancho, 3.65 de profundidad a la entrada y a la salida 3.80, bajo el nivel del canal. Las aristas del fondo de los tanques han sido sustituídas por superficies curvas de 1.50 m. de radio. Cada tanque tiene una capacidad de 630 m.^{3}. El período de retención varía de 2 a 8 horas. Han sido construídas con hormigón revestido con ladrillos especiales. Los detritus son removidos por una grúa de pluma móvil, con balde en forma de concha de almeja, que los deposita en las vagonetas destinadas a su alejamiento.



(FIG. 144)

Ciudad de Manchester. — Vista de los tamices de la estación de depuración de Davyhulme

De los tanques de detritus las aguas pasan a la casa de tamices que tiene 25.60 m. de largo, 19 80 m. de ancho y 6.10 de alto. Dentro de este edificio hay cuatro tamices iguales de 2.40 m. de ancho por 12.50 m. de largo, con sus extremidades inferiores sumergidas dentro de unos pozos rectangulares de 2.90 m. de ancho, Fig 144. Cada reja está constituida por cuatro devanados formados cada uno por un cable sin fin de 7 hilos, de hierro galvanizado, de 5 mm. de diámetro, arrollado 55 veces, de modo que la separación entre dos hilos inmediatos es de unos 6 mm. Dicho cable es accionado por medio de una polea motriz acoplada al árbol de un motor eléctrico de 2 H. P. y

poleas de trasmisión emplazadas sobre árboles transversales ubicados en las extremidades del bastidor que constituye cada reja. El número total de barras, si así puede decirse, de cada tamiz es de doscientas veinte. La velocidad normal de desplazamiento de cada cable es de 0.90 m. por minuto, que puede ser cuadruplicada si fuera necesario para mantener limpias las rejas. En cada reja hay dos motores, accionando cada uno dos cables sin fin. Por medio de contrapesos regulables se mantienen tensos dichos cables. Los cables se limpian, antes de pasar la parte inferior del bastidor en cada revolución, en cepillos giratorios de piazaba. Para evitar que las fibras de algodón, pelos, etc. obstruyan los tamices, los cables pasan antes entre dos cepillos de alambre. Los tamices tienen una inclinación de 30°. Los resíduos recogidos caen dentro de vagonetas. Los tamices pueden tratar hasta 363 000 m.^{3} diarios; los caudales en exceso son derivados y conducidos directamente a los tanques de sedimentación. Los tamices fueron fabricados por la firma F. W. Brackett y C°., de Colchester.

Los tanques de detritus y las rejas fueron puestas en servicio a principios del año 1929, y son muy eficaces.

Después de atravesar las rejas, la mayor parte de las aguas es conducida, por medio de canales apropiados, a los tanques de sedimentación y de ahí a los lechos de contacto; el resto es tratado por medio de los barros activados, habiéndose previsto con este fin instalaciones capaces de tratar 4 500 m.^{3} por día. (Figs. 145 y 146).

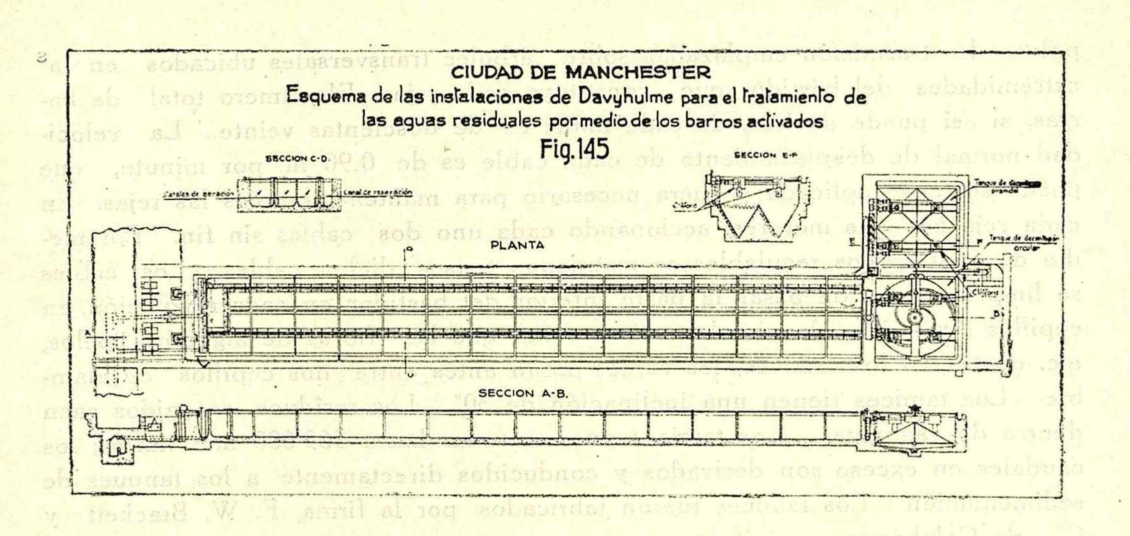
El tanque de aeración está dividido por dos tabiques longitudinales, de modo que se tiene un canal de 220 m. de largo, 2.40 m. de ancho y 2.75 m. de profundidad sobre el nivel de los difusores, con 1 460 m.^{3} de capacidad. El fondo del tanque es plano y los difusores están colocados en filas longitudinales de un solo lado de cada canal. Las placas difusoras tienen 1.20 m. por 18 cm., siendo su superficie total equivalente a 1/14 del área del tanque de aeración. La relación entre el área de difusión y el área del tanque es de 1/18.

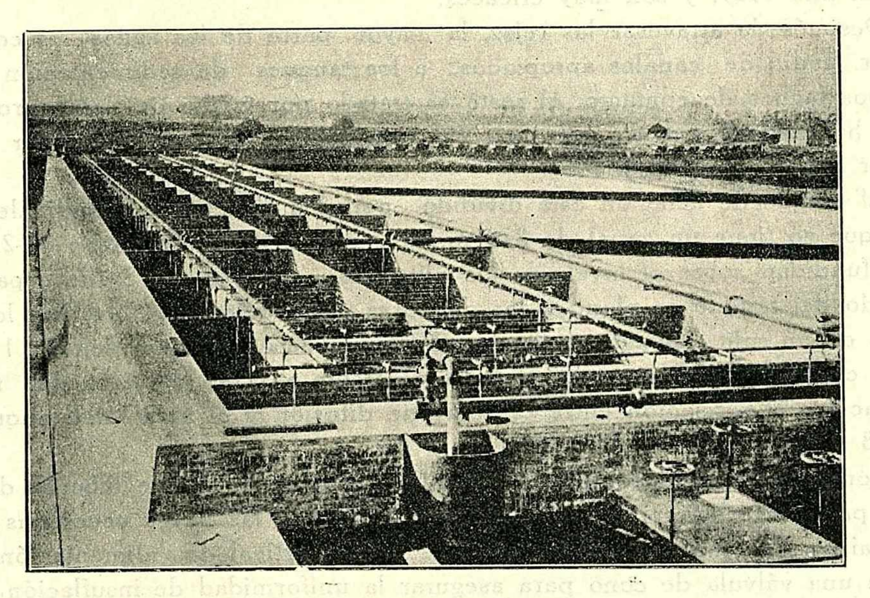
Como en las instalaciones de Withington, hay una red de tuberías de fundición para distribuir el aire, habiéndose previsto las llaves necesarias para poder aislar un ramal cualquiera. Cada ramal vertical de alimentación tiene además una válvula de cono para asegurar la uniformidad de insuflación. Cada 4.80 m. se han colocado tabiques transversales con aberturas de 0.90 m. por 0.30 m. para provocar la mezcla del agua a depurar y los barros. La aeración dura unas seis horas, para el caudal medio diario de 4 500 m.^{3}, siendo la cantidad de aire empleada en los canales de aeración y acondicionamiento de barros, de unos 8.6 m.^{3} por metro cúbico de agua tratado (1). La proporción de barros activados usada es, término medio, de 15 ‰.

A uno de los lados del canal de aeración se ha construído un canal de acondicionamiento de barros. Tiene 73.40 m. de largo, 1.35 m. de ancho y una capacidad de 239 m.^{3}. Los barros procedentes de los tanques de decan-

---

(1) Al proyectar las nuevas instalaciones se ha previsto un consumo máximo de 7.5 m.^{3} de aire por metro cúbico de agua.





(FIG. 146)

Ciudad de Manchester. — Vista de los tanques de aeración de la estación de depuración de Davyhulme

tación son acondicionados por medio de difusores colocados en forma semejante a los del canal de aeración. En el canal de acondicionamiento hay tabiques transversales idénticos a los del canal de aeración. El barro en exceso se retira de este tanque. El acondicionamiento de los barros demora de 2 a 4 horas.

Hay dos tanques de decantación destinados a recibir las aguas prove-

nientes del tanque o canal de aeración, uno del tipo piramidal y otro circular de fondo casi plano. El primero, que consta de cuatro pozos, tiene en planta 8.70 m. por 8.70 m. y 6.55 m. de profundidad, desde el nivel del agua al vértice o fondo de los pozos; su capacidad es de unos 314 $m.^3$. En el centro de cada pozo hay un "Clifford" de entrada y el efluente escapa por la periferia, como en los decantadores de Withington. En cada uno de los cuatro pozos hay un eyector que levanta los barros al canal de acondicionamiento El tanque de decantación circular tiene 8.90 m. de diámetro, 3.50 m. de profundidad media y una capacidad de 255 $m.^3$. Cuatro "Cliffords" dispuestos simétricamente reciben el agua afluente; el efluente se descarga por la periferia. Un rastrillo helicoidal (dispositivo Fidler) animado por un árbol movido por una rueda hidráulica emplazada en el canal de descarga de los tanques, permite arrastrar los barros del fondo del tanque a un pozo central en comunicación con otro auxiliar, en el que está colocado un eyector para levantar los barros al tanque de acondicionamiento. El período de decantación varía de 1 y 1/2 a 2 horas.

Los resultados que se consignan en el cuadro N.° 21 permiten apreciar la calidad de las aguas tratadas en Davyhulme y la calidad del efluente final.

CUADRO N.° 21

CIUDAD DE MANCHESTER

Análisis de las aguas servidas tratadas en la estación de depuración de Davyhulme

	Sólidos en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Nitritos y Nitratos	Consumo bio - químico de oxígeno
	en p. p. m.					
Agua bruta	245	99.0	32.2	8.8	—	—
Agua depurada . .	28.0	23.1	29.0	2.2	1.2	21.2

Los barros residuales de la Estación de Davyhulme alcanzan anualmente a más de 250 000 toneladas, de las que un 75 °/ₒ se echa al mar, bombándose el resto sobre los terrenos municipales de Flixton, situados a unos 4 kilómetros. Hay un buque destinado al transporte de los barros, que hace de tres a cuatro viajes por semana con un recorrido global de unos 820 kilómetros. Las experiencias realizadas han demostrado que conviene arar ligeramente las tierras antes de descargar los barros sobre ellas y luego de descargados volver a arar profundamente para mezclar los barros. En un año se han llegado a tratar hasta 70 000 toneladas de barro sobre unas 14 hectáreas. Anualmente se

retiran de las instalaciones de barros activados de Davyhulme unas 9 toneladas de barros en exceso, con 97.5 °/₀ de humedad. La composición media de esos barros es: materias minerales 31.4 °/₀, materias orgánicas y volátiles 68.6, proporción de nitrógeno (en N) 5.5 °/₀, proporción de fosfatos (en $P_2 0_5$) 3.7 °/₀.

Estaciones de depuración de aguas residuales de Bury y Bolton

a) Instalaciones de Bury

La ciudad de Bury, cuya población es de 58 000 habitantes, tiene una red de alcantarillado del sistema unitario. El caudal medio diario de aguas residuales en tiempo seco es de 9 000 m.^{3} (unos 155 litros por habitante) de los que un 20 °/₀ proviene de las industrias diversas de la región: curtiembres, tintorerías, lavaderos, cervecerías y fábricas de gas. La composición media de las aguas puede apreciarse por el análisis que aparece en el cuadro N.° 22.

CUADRO N.° 22

ESTACION DE DEPURACION DE BURY
Composición del agua afluente

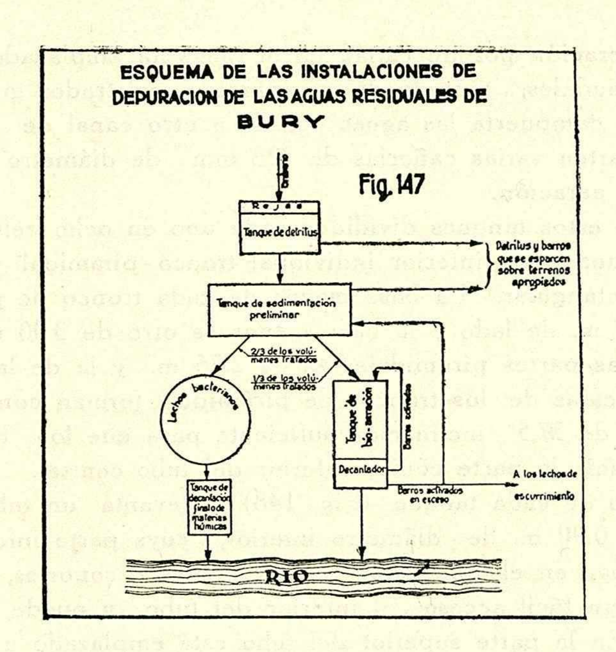
Materias en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Cloro
en p. p. m.				
140	87	23	8.5	87

Dos tercios aproximadamente de las aguas residuales de Bury son depuradas por medio de lechos percoladores y el resto por medio de los barros activados, obteniéndose la mezcla y aeración de las aguas por medio de la agitación mecánica, en tanques apropiados.

Del sistema de agitación usado en Bury, conocido comercialmente bajo el nombre de sistema "Simplex", ya nos hemos ocupado al hablar de las instalaciones experimentales de la usina de Colombes (París). Ese sistema fué concebido por el Ing.° Joshua Bolton, Ingeniero Jefe de la planta de depuración de Bury, y realizado con la colaboración de la Ames Crosta Eng. C°, de Nottingham, que explota la patente en la actualidad.

Las aguas que llegan a la Estación de depuración atraviesan previamente unas rejas, Fig. 147, y una cámara desarenadora o tanque de detritus, que no presentan ninguna característica especial. Las materias recogidas en el tanque mencionado son utilizadas para rellenos de zanjas.

Dichas aguas pasan enseguida a los tanques de sedimentación prelimi-



nar, constituídos por pozos cilíndricos que el líquido recorre de abajo a arriba en ocho horas. Para dar idea de la eficacia de estos tanques se agrega, en el cuadro que sigue, un análisis del efluente medio de los mismos.

ESTACION DE DEPURACION DE BURY

Composición del efluente de los tanques de sedimentación preliminar

Materias en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Cloro
en p. p. m.				
28 ÷ 35	52 ÷ 68	19 ÷ 26	5 ÷ 6	83. ÷ 94

El efluente de los tanques de sedimentación preliminar pasa a los lechos bacterianos o sufre el tratamiento de bio-aeración.

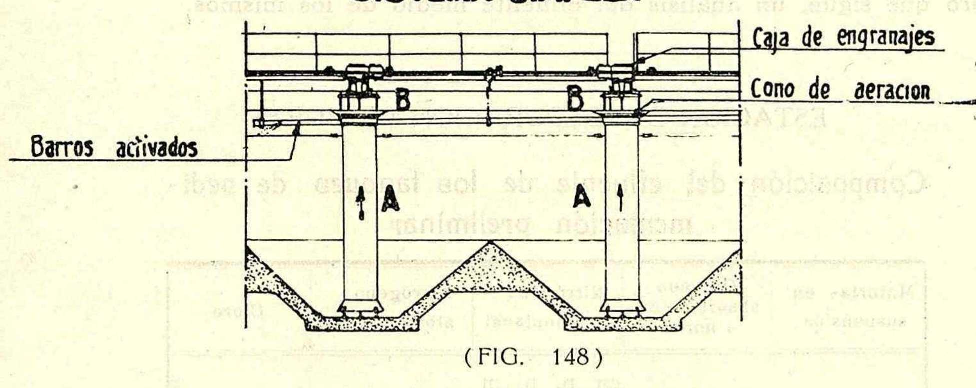
El ingeniero Bolton no considera indispensable la sedimentación preliminar de las aguas para obtener buenos resultados con su sistema de aeración en presencia de barros activados. A su juicio, los tanques de sedimentación de Bury juegan el rol de tanques de igualación de la calidad de las aguas que afluyen a las instalaciones de depuración, y como en Birmingham, se ha tratado de evitar con ellos que los barros activados sean destruídos por una avenida brusca de aguas industriales nocivas.

El efluente de los tanques de sedimentación preliminar es conducido a

los tanques de aeración por un canal, en el que está emplazado un vertedero controlador de caudales, munido de un aparato registrador gráfico. Después de atravesar una compuerta las aguas pasan a otro canal de sección menor, de cuyo fondo parten varias cañerías de 228 mm. de diámetro que los llevan a los tanques de aeración.

Hay tres de estos tanques divididos cada uno en ocho celdas o unidades, constituídas por una parte inferior individual tronco-piramidal y una parte superior común, rectangular. La base mayor de cada tronco de pirámide es un cuadrado de 6.50 m. de lado y la base menor es otro de 3.00 m. de lado. La profundidad de las partes piramidales es de 2.75 m. y la de la parte común de 1.80 m. Las caras de los troncos de pirámide, forman con el plano horizontal un ángulo de 37,5°, inclinación suficiente para que los barros en movimiento afluyan hacia la parte cónica inferior del tubo central.

En el centro de cada tanque (Fig. 148) se levanta un tubo metálico de poco peso A, de 0.90 m. de diámetro interior, cuya parte inferior de forma cónica, no se apoya en el fondo sino en tres patas o soportes, de modo que el líquido tiene un fácil acceso al interior del tubo y puede atravesarlo de abajo a arriba. En la parte superior del tubo está emplazado un rotor tronco



(FIG. 148)

cónico B, de 1.50 m. de diámetro mayor, con una abertura central circular de 0.90 m. de diámetro en correspondencia con el tubo vertical. El rotor, Fig. 149, tiene paletas y se mantiene suspendido por medio de una armazón especial invariablemente unida a un eje motor vertical, montado sobre cojinetes de bolas, que es movido por engranajes accionados por un árbol motor horizontal que actúa simultáneamente sobre los rotores de las ocho unidades de cada grupo. El movimiento del rotor produce una depresión en el tubo vertical A, Fig. 148, que obliga a subir al líquido y a los barros activados acumulados en el fondo del tanque, obteniéndose en esa forma sencilla la mezcla, que las paletas del rotor, al girar, arrojan luego hacia la periferia del tanque en forma de láminas delgadas que al chocar con la superficie del contenido del tanque producen en él una viva agitación, suficiente para airearlo (1). Esa agitación

(1) Véase la figura 101.

origina millones de burbujas en la superficie del líquido. El impulso que el rotor trasmite a la superficie crea en toda la masa líquida de la sección respectiva un movimiento espiral descendente, que contribuye a asegurar el contacto íntimo de las aguas con los barros. Cada rotor gira en sentido contrario a los inmediatos de su tanque, con lo que se evitan corto - circuitos y se asegura la aeración de todo el líquido, pues la masa en cada inversión ofrece al aire nuevas superficies.

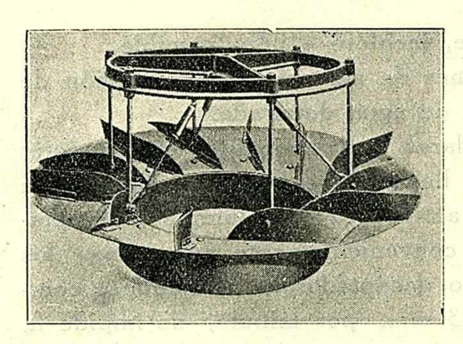
Los rotores de aeración adquieren una velocidad de 38 revoluciones por minuto, aproximadamente. Los tres árboles motores son impulsados por un motor de 30 H. P. Para reducir las pérdidas por fricción todos los engranajes de trasmisión están emplazados en baños de aceite, Fig. 150. Los dispositivos de trasmisión estaban tan bien realizados, que el Ing.° Bolton en presencia del informante desconectó el motor y con solo dos dedos de una mano hizo mover los rotores de todos los tanques. La capacidad global de los tanques de aeración es de unos 2 300 m.³.

La proporción de barros activados que se mezcla a las aguas tratadas es, término medio, de un 10 °/₀ y el tiempo de contacto para un caudal diario de 4 500 m.³ es de unas seis horas.

Hay tres decantadores de forma piramidal, con una capacital total de unos 1 000 m.³.

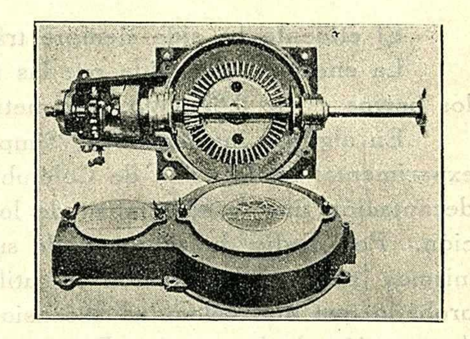
En la última sección o unidad de aeración de cada tanque hay un canal metálico en el que penetra por rebalse la mezcla de aguas residuales y barros activados. Estos canales están unidos por un tubo de 0.45 m. de diámetro al primer tanque de decantación, donde se deposita la mayor parte de los barros. De este tanque los barros son elevados y conducidos, por gravitación y por medio de una tubería de 15 cm. de diámetro, a la primera unidad o sección de cabeza de cada tanque de aeración. El sistema de elevación obedece al mismo principio que el mecanismo de aeración. Las paletas de un rotor son colocados de modo que en lugar de esparcir el líquido de la superficie lo impulsan al interior de una cámara en espiral de donde parte la tubería de conducción de los barros. Cambiando la velocidad del rotor se cambia la cantidad de barro elevado, lo que se hace de acuerdo con las necesidades.

En el centro de cada tanque de decantación hay un "Clifford" de sec-



(FIG. 149)

Rotor de las unidades " Simplex "



(FIG. 150)

Caja de engranajes de los rotores de las unidades " Simplex "

ción circular dentro del que descarga el líquido a su llegada. Cada "Clifford" está sumergido unos 2.00 m. bajo el nivel medio de trabajo. El efluente de los tanques de decantación pasa a través de vertederos por la periferia de los tanques a unos canales que lo conducen a otro principal, que descarga en el río Yrwell.

Los barros en exceso son extraídos de cada tanque por gravitación, por medio de tubos de 10 cm. de diámetro, y conducidos por un canal abierto a un pozo, de donde son elevados al lugar donde se mezclan con los barros de las otras instalaciones de la planta, para recibir el destino final.

Con un caudal medio diario de unos 3 600 m.^{3}, el período de decantación es de unas cinco horas y media, que se considera excesivo. Según el Ing.° Bolton, serían suficientes dos horas.

Las Figs. 151 y 152 dan una idea de las instalaciones descriptas vistas desde la entrada de los tanques de aeración y desde la extremidad opuesta.

El efluente de las instalaciones puede apreciarse por el análisis que aparece en el cuadro N.° 23.

CUADRO N.° 23

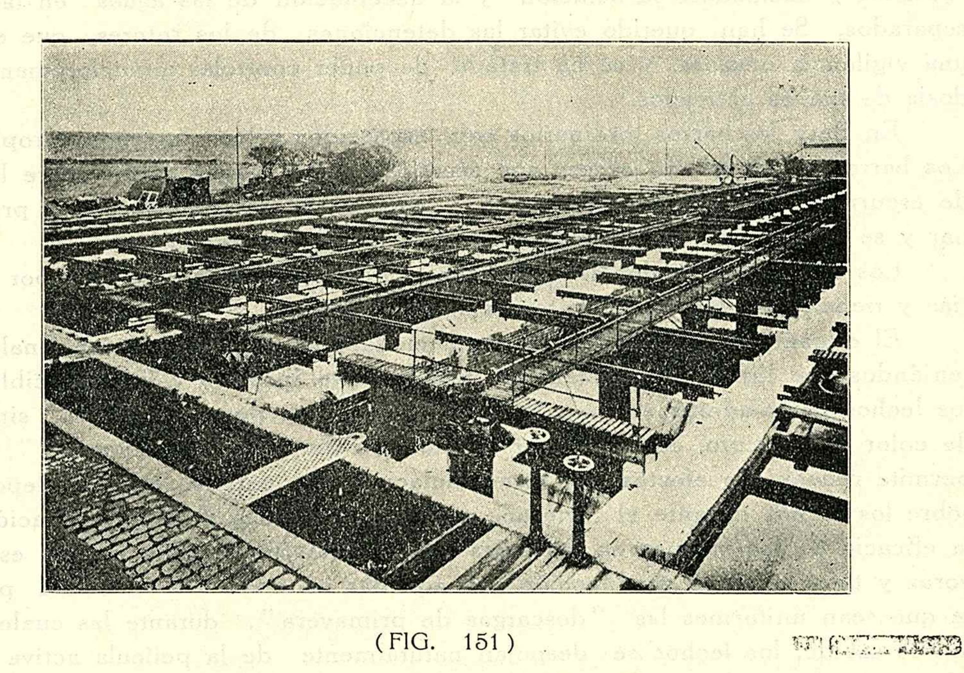
ESTACION DE DEPURACION DE BURY
Composición del efluente de las instalaciones de barros activados

Materias en suspensión	Oxígeno absorbido en 4 horas	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno albuminoideo	Nitratos
en p. p. m.				
Indicios	85 ÷ 14	14 ÷ 15.5	0.57 ÷ 1.3	3

El efluente ha sido siempre transparente, incoloro e imputrescible.

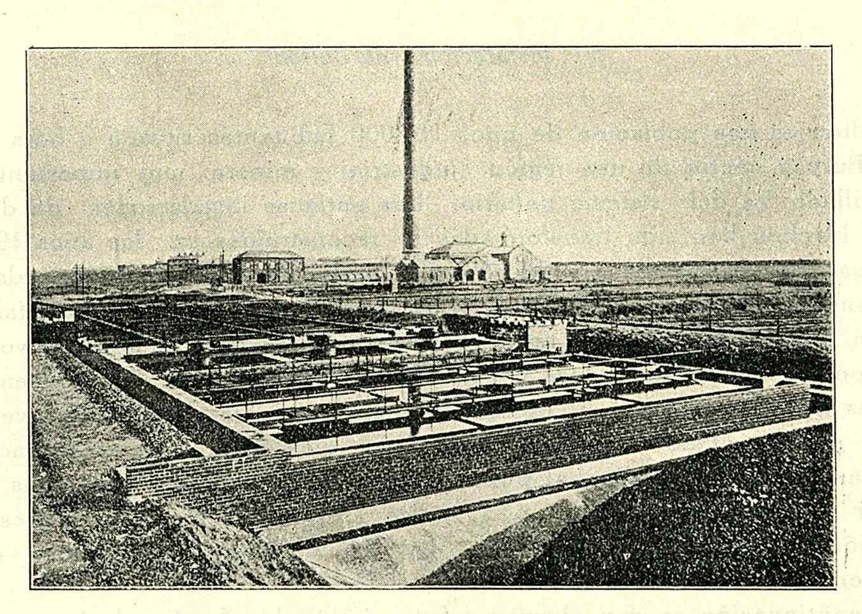
La energía consumida por las instalaciones de aeración y la elevación de los barros es de 0.87 kWh. por metro cúbico de agua depurada.

En algunas instalaciones "Simplex" similares a la montada con carácter experimental en la usina de Colombes, se ha llegado a suprimir los tanques de decantación final y el bombeo de los barros activados a los tanques de aeración. Por medio de tabiques de superficie convenientemente dispuestos, los mismos tanques de aeración se utilizan como decantadores, habiéndose comprobado que una velocidad ascensional de 23 mm. por minuto, no impide la decantación de las aguas. En esos casos se tienen que detener los agitadores o rotores algunas veces por día, para extraer los barros en exceso. En Bury no se juzgó conveniente sacar partido de dicha propiedad de los tanques



(FIG. 151)

Vista general de la estación de depuración de Bury



(FIG. 152)

Vista general de la estación de depuración de Bury

"Simplex", haciéndose la aeración y la decantación de las aguas en tanques separados. Se han querido evitar las detenciones de los rotores, que exigen una vigilancia onerosa, y se ha tratado de poder controlar minuciosamente las dosis de barros activados.

En Bury los barros ordinarios son esparcidos sobre terrenos apropiados. Los barros activados en exceso son secados en su mayor parte sobre lechos de escurrimiento, enviándose el resto a los tanques de sedimentación preliminar y se tratan después conjuntamente con los barros ordinarios.

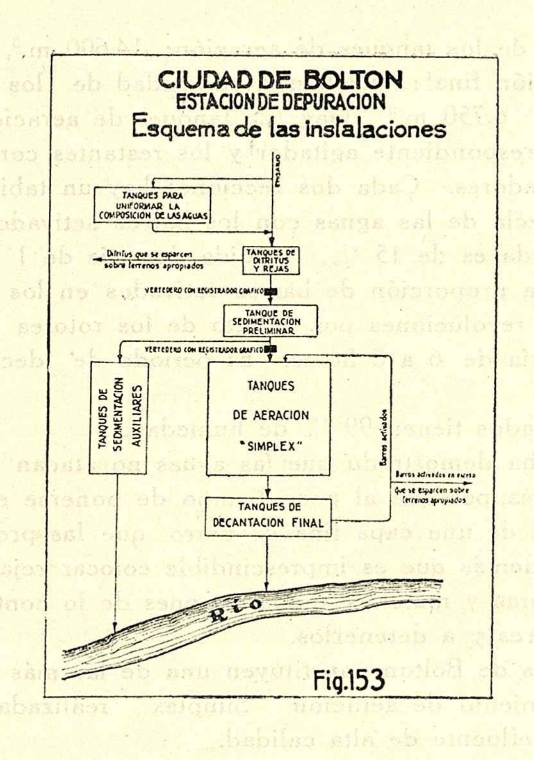
Los lechos percoladores de Bury son circulares, están formados por escorias y tienen distribuidores giratorios o molinetes.

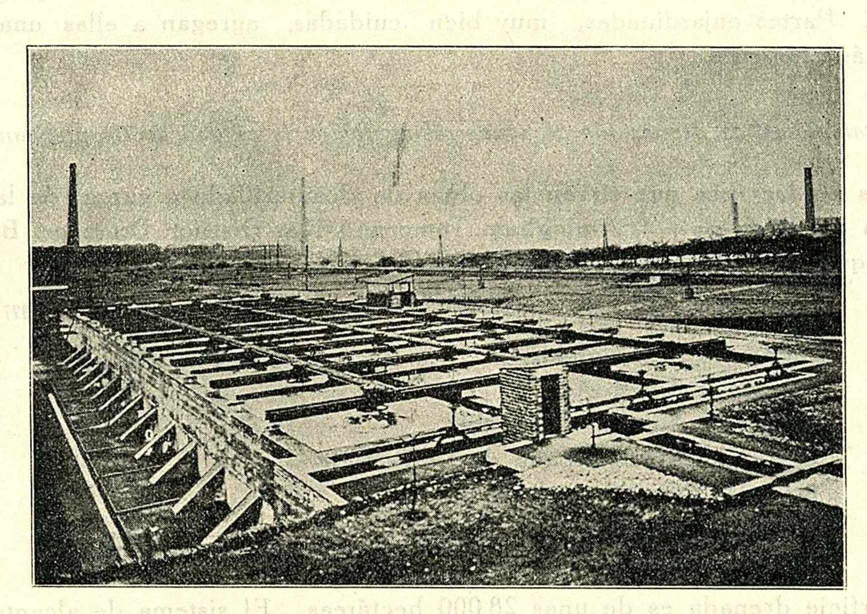
El efluente de esos lechos decanta en tanques de decantación final, obteniéndose un líquido completamente transparente, incoloro e imputrescible. En los lechos percoladores se saca gran partido de un pequeño insecto sin alas de color rojo oscuro, conocido por el nombre de "achorutes viaticus", que permite reducir los efectos de la acumulación de materias que se depositan sobre los lechos durante el invierno, como consecuencia de la declinación de la eficacia de los mismos en las bajas temperaturas, pues dicho insecto es muy voraz y tiene especial predilección por aquellas materias. Su actividad permite que sean uniformes las "descargas de primavera", durante las cuales, como es sabido, los lechos se despojan naturalmente de la película activa que practicamente reviste a los trozos de piedra o escorias que los constituyen. En Bury se estima que esa solución ha permitido elevar hasta 675 litros, las dosis de 530 litros de agua por metro cúbico de lecho y por día, que se podían tratar anteriormente como máximo.

b) Instalaciones de Bolton

Bolton es una población de unos 180 000 habitantes situada a hora y media de Bury y centro de una región industrial y minera muy importante. El alcantarillado es del sistema unitario. Las antiguas instalaciones de depuración de Hacken han sido transformadas y reconstruídas en los años 1927 y 1928, para tratar las aguas residuales por medio de los barros activados en condiciones similares a las de Bury. Las instalaciones han sido previstas para tratar en promedio 18 000 m.^{3} en tiempo seco y hasta tres veces ese volumen en tiempo de lluvia; habiéndose construído además tanques de sedimentación auxiliares capaces de tratar el exceso de aguas pluviales, hasta seis veces el volumen medio tratado en tiempo seco, en los días de grandes precipitaciones. Las aguas son muy cargadas, al punto de ser consideradas de las más malas de tratar en Inglaterra. La Fig. 153 indica esquemáticamente el proceso de depuración que sufren las aguas y la Fig. 154 dá idea del conjunto de las instalaciones.

A continuación se dan algunas referencias sobre las instalaciones de la Estación de depuración de Bolton, que no se detallan por ser similares a las de Bury. Capacidad de los dos tanques de igualación de la calidad de las aguas: 4.500 m.^{3}, capacidad de los tanques de sedimentación preliminar:





(FIG. 154)

Ciudad de Bolton. — Vista general de las instalaciones de la estación de depuración

3.200 m.³, capacidad de los tanques de aeración: 14.600 m.³, capacidad de los tanques de decantación final: 5.900 m.³, capacidad de los tanques de sedimentación auxiliares: 6.750 m.³. Hay 12 tanques de aeración, unos con 12 secciones con su correspondiente agitador y los restantes con 14 secciones e igual número de agitadores. Cada dos secciones hay un tabique de superficie para provocar la mezcla de las aguas con los barros activados. La proporción de esos barros utilizada es de 15 %, medida después de 1 hora. Dos veces por día se controla la proporción de barros activados en los tanques de aeración. El número de revoluciones por minuto de los rotores es de 40 y el período de aeración varía de 6 a 8 horas. El período de decantación final es de 2 horas.

Los barros activados tienen 99 % de humedad.

La experiencia ha demostrado que las aguas no atacan las chapas de los tubos de los agitadores, por que al poco tiempo de ponerse en funcionamiento un tanque se revisten de una capa fina de barro que las proteje eficazmente. Se ha comprobado además que es imprescindible colocar rejas y tamices para retener los trapos, fibras y materias similares, pues de lo contrario llegarían a enredarse en los rotores y a detenerlos.

Las instalaciones de Bolton constituyen una de las más importantes aplicaciones del procedimiento de aeración "Simplex" realizadas en Inglaterra y permiten obtener un efluente de alta calidad.

Las instalaciones de barros activados de Bury y Bolton son muy modernas, y en ellas el visitante es igualmente sorprendido por la calidad de las instalaciones, el esmero con que son conducidas, el orden y el aseo que reina en ellas. Partes enjardinadas, muy bien cuidadas, agregan a ellas una nota de lo más atrayente.

Instalaciones de depuración de aguas residuales de la ciudad de Birmingham

Las poblaciones que sirven las obras de alcantarillado a cargo de la corporación conocida por "Birmingham Tame and Rea District Drainage Board" son las que a continuación se indican:

	Población estimada en 1927
Ciudad de Birmingham	969.752
Distrito de Smethwick.	76.940
Distrito de Sutton - Coldfield	26.000
Parte del distrito urbano de Perry Barr . . .	300
Parte del distrito rural de Meden	4.171
Población total	1.077.163

La superficie drenada es de unas 28 000 hectáreas El sistema de alcantarillado es en su mayor parte el sistema unitario.

Para depurar las aguas servidas provenientes de esta considerable población la Junta de desagües mencionada posee tres plantas. La principal es la correspondiente a la cuenca del río Tame y comprende las instalaciones de

Saltley, Ashold, Tyburn y Minworth que están ligadas mútuamente y que en conjunto tratan unos 132.000 m.^{3} por día, en tiempo seco. Las otras dos plantas situadas en Cole Hall y Acock's Green, son mucho más pequeñas y tratan en total unos 14 000 m.^{3} por día, en tiempo seco.

Las aguas son de composición muy variable, tienen reacción alcalina y una proporción muy grande de sustancias coloidales. El cuadro N.° 24 permite apreciar su composición media. De acuerdo con la clasificación del Ministerio de Salud Pública de Inglaterra, deben considerarse como aguas cargadas.

CUADRO N.° 24

CIUDAD DE BIRMINGHAM

Composición del agua afluente a la estación de depuración de Saltley

Materias en suspensión	Amoniaco libre	Amoniaco albuminoideo	Cloro	Oxigeno absorbido en 4 horas		Alcalinidad
				Aguas sin sedimentar	Aguas sedimentadas	
en p. p. m.						
435	41.1	13.4	151	185.4	144.3	238

Las instalaciones visitadas por el informante fueron las de Saltley y Minworth, cuyo efluente se vierte en el río Tame, que tiene un gasto siete u ocho veces superior al caudal vertido.

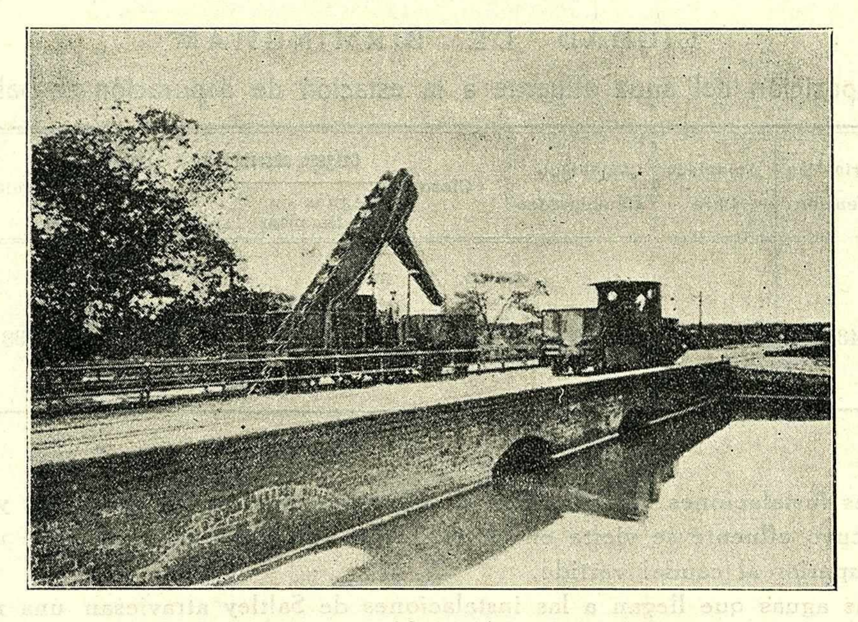
Las aguas que llegan a las instalaciones de Saltley atraviesan una reja fija, de barras de sección circular, pasando enseguida a un canal desarenador de sección transversal en forma de V. Las materias retenidas en ese canal son removidas contínuamente por medio de una draga móvil, Fig. N.° 155, que las descarga dentro de vagones que las transportan hasta un lugar apropiado, donde se ponen a escurrir y de donde se retiran luego para emplearlas como material de relleno.

Después de salir del canal desarenador las aguas atraviesan los tanques de sedimentación preliminar y secundaria, de una capacidad global de 50 000 m.^{3} aproximadamente, en los cuales la velocidad de discurrimiento horizontal es de unos 45 cm. por minuto.

Los tanques de sedimentación secundaria han sido previstos como tanques reguladores, para mantener constantes los caudales en los tratamientos posteriores que se efectuan en las instalaciones de Minworth, de modo que en los períodos de lluvia se almacenan en ellos los volúmenes en exceso sobre el caudal constante que se envía a dichas instalaciones. La disposición adoptada permite además la mezcla de las aguas que llegan a Saltley, con lo que se uniformiza su calidad. No menos del 75 °/₀ de la materia sedimentable se de-

posita en dichos tanques, de los cuales es removida por medio de bombas. Los tanques se limpian lo más frecuentemente posible para prevenir la descomposición de los barros, que perjudicarían la calidad del efluente.

En los períodos de grandes precipitaciones se hace pasar a través de los tanques de sedimentación solamente hasta tres veces el volumen que se trata en tiempo seco. De los caudales restantes se pasa a los tanques auxiliares de sedimentación un volumen igual al anterior, descargándose directamente al río el exceso sobre el volumen máximo que se trata en los distintos tanques, que según queda dicho, es equivalente a seis veces el volumen que se depura en tiempo seco. Este plan se ajusta a las recomendaciones de la "Real Comisión de depuración de aguas residuales" (1).



(FIG. 155)

Ciudad de Birmingham. — Vista de la draga móvil para la remoción de detritus de la estación de depuración de Saltley

Los tanques de sedimentación auxiliares funcionan de modo similar a los tanques de sedimentación preliminar y secundaria y solo se diferencian de ellos que en tiempo seco permanecen vacíos. No obstante lo establecido en las recomendaciones citadas, la Junta de desagües de Birmingham ha construí-

---

(1) Estas recomendaciones prescriben que en las estaciones de depuración que tratan aguas provenientes de alcantarillados del sistema unitario, deben construirse instalaciones capaces de dar en días de lluvia el tratamiento completo a un volumen de hasta tres veces el volumen medio tratado en tiempo seco, y que el exceso, hasta seis veces este volumen básico, debe por lo menos ser tratado en rejas y sufrir una sedimentación en tanques apropiados; pudiéndose vertir la parte restante sin tratamiento alguno. El número de tanques auxiliares no debe ser inferior a dos y su capacidad total debe ser equivalente al cuarto del volumen medio de aguas considerado para tiempo seco.

do en Saltley tanques de sedimentación auxiliares con una capacidad equivalente a las tres cuartas partes del caudal medio tratado en tiempo seco, teniendo en cuenta la topografía del terreno de las zonas servidas por la red de alcantarillado y la importancia de las áreas pavimentadas (calles, avenidas y caminos) que favorecen la rápida afluencia de las aguas pluviales hacia los colectores, cosa que no sucede en el tipo medio de las poblaciones inglesas.

De las instalaciones de Saltley las aguas sedimentadas son conducidas por medio de una canalización de 2.40 m. de diámetro a las instalaciones biológicas de Minworth. En el recorrido se agregan a ellas las aguas de dos emisarios que en conjunto vierten en la canalización mencionada un volumen de unos 14 000 $m.^3$ de aguas servidas que han sufrido una primera sedimentación.

Una parte de los caudales que llegan a la Estación de depuración de Minworth sufre previamente un tratamiento preliminar, consistente en aeración en presencia de barros activados seguida de decantación, y un tratamiento final en lechos percoladores; el resto sufre unicamente este tratamiento final.

Los lechos bacterianos fueron construidos en Minworth, a unos 7 kilómetros de Saltley, por que la diferencia de nivel del agua en los tanques de sedimentación de esta estación y en el rio Tame es muy reducida. Conduciendo el efluente aguas abajo en una canalización de poca pendiente, fué posible obtener un desnivel de unos 7.50 m., economizándose la construcción de la estación de bombas que habría exigido la construcción de los lechos bacterianos en las inmediaciones de aquellos tanques.

Habiéndose comprobado que antes de llegar a Minworth las aguas sufren alteraciones dentro de la canalización que las conduce allí, debido a que parte de las materias que al abandonar las instalaciones de Saltley está en estado coloidal, se aglutina o aglomera en el recorrido y tiende a depositarse en la canalización o al salir de ella, se limpia periódicamente esta canalización, por medio de una bola similar a la mencionada al hablar de los alcantarillados de la ciudad de Paris (Fig. 156) y se construyeron en Minworth tanques de sedimentación para remover esas materias antes de verter las aguas sobre los lechos bacterianos o hacerlas pasar por el tanque de bio - aeración. Durante el verano las limpiezas del emisario deben hacerse con frecuencia.

Los tanques de sedimentación de Minworth tienen una parte inferior tronco piramidal y una parte superior prismática. El agua entra hacia abajo por un tubo que descarga en el centro de cada tanque y sale por la parte superior de la periferia. La velocidad media de discurrimiento es de 2.10 m. por hora. Los barros se recogen en la parte inferior y son descargados diariamente por presión hidrostática.

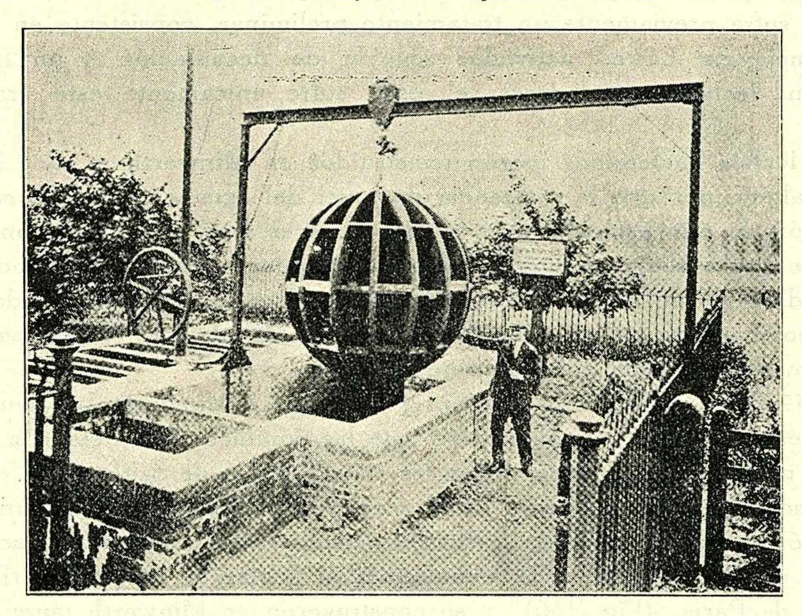
Los lechos percoladores de la planta principal del valle del rio Tame tienen un área total de 21 hectáreas. Con excepción de unas 3 hectáreas, en las que el líquido se distribuye automáticamente por medio de aparatos de desplazamiento alternativo o ida y vuelta, similares a los descritos al hablar de las instalaciones de la Estación de Carrières - Triel (Paris), la distribución de las aguas a depurar se hace por medio de boquillas o pulverizadores de 11 mm. de diámetro, colocados a 2.70 m. unos de otros Los lechos están

constituídos por una red de drenaje formada por piezas de grés en forma de ╔╗ unidas a junta seca, que descansan sobre una losa de hormigón. Sobre el drenaje está colocada una capa de 1.60 m. de espesor de piedra partida o escorias, en trozos que pasan por el anillo de 5 cm. pero son retenidos por el de 2.5 cm.

La carga sobre los pulverizadores es de 1.80 m. El volumen medio de aguas tratadas por metro cúbico cada 24 horas es de 415 litros, o sea 673 litros por metro cuadrado.

Los lechos percoladores de la Estación de depuración de Minworth trabajan eficazmente. El efluente es transparente, con un ligero tinte amarillento, no tiene olor y no es putrescible, según nos informaron.

Se ha comprobado que el pasaje del líquido a través de los lechos no



(FIG. 156)

Ciudad de Birmingham. — Bola para la limpieza de la canalización de enlace de las instalaciones de depuración de Saltley y Minworth

dura más de una media hora, produciéndose en ese intervalo de tiempo la descomposición aeróbica de la materia orgánica.

En las instalaciones de Birmingham se ha sacado partido, para aumentar la capacidad de los lechos, de la cría del insecto "achorutes viaticus", ya mencionado al hablar de los lechos percoladores de la Estación de Bury.

Se han construido tanques de decantación final, similares a los que atraviesan las aguas antes de pasar a los lechos bacterianos, para recoger las materias húmicas que arrastra el efluente de los lechos. Los barros de estos tanques se bomban y descargan diariamente en los tanques de digestión.

La mayor parte de las aguas tratadas en Minworth sufren el tratamiento

descrito, pero algo más de la cuarta parte del volumen total que llega diariamente a esas instalaciones (unos 34 000 m.^{3}) sufre, como ya se adelantó, un tratamiento parcial en presencia de barros activados, antes de pasar a los lechos bacterianos.

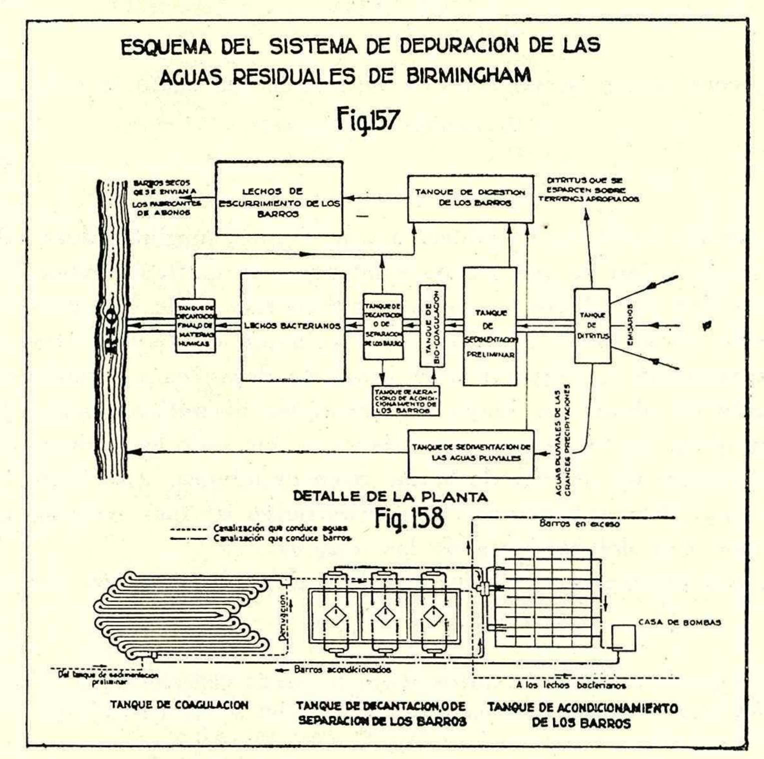
A consecuencia del incremento de la población servida por los alcantarillados, la Junta de desagüe de Birmingham se vió obligada a encarar el problema creado por los aumentos de los caudales, que imponían el ensanche casi contínuo de los lechos percoladores. Para hallar la solución más económica se resolvió en 1920 ensayar el tratamiento de las aguas por medio de los barros activados, construyéndose con ese objeto dos instalaciones de ensayos capaces de tratar cada una 45 m.^{3} por día, una del tipo de mezcla y aeración por insuflación de aire (tipo Manchester) y otra de mezcla y aeración por agitación mecánica (tipo Sheffield). Simultáneamente se experimentó un tipo especial de lecho percolador de gravilla. Las experiencias condujeron a las siguientes conclusiones:

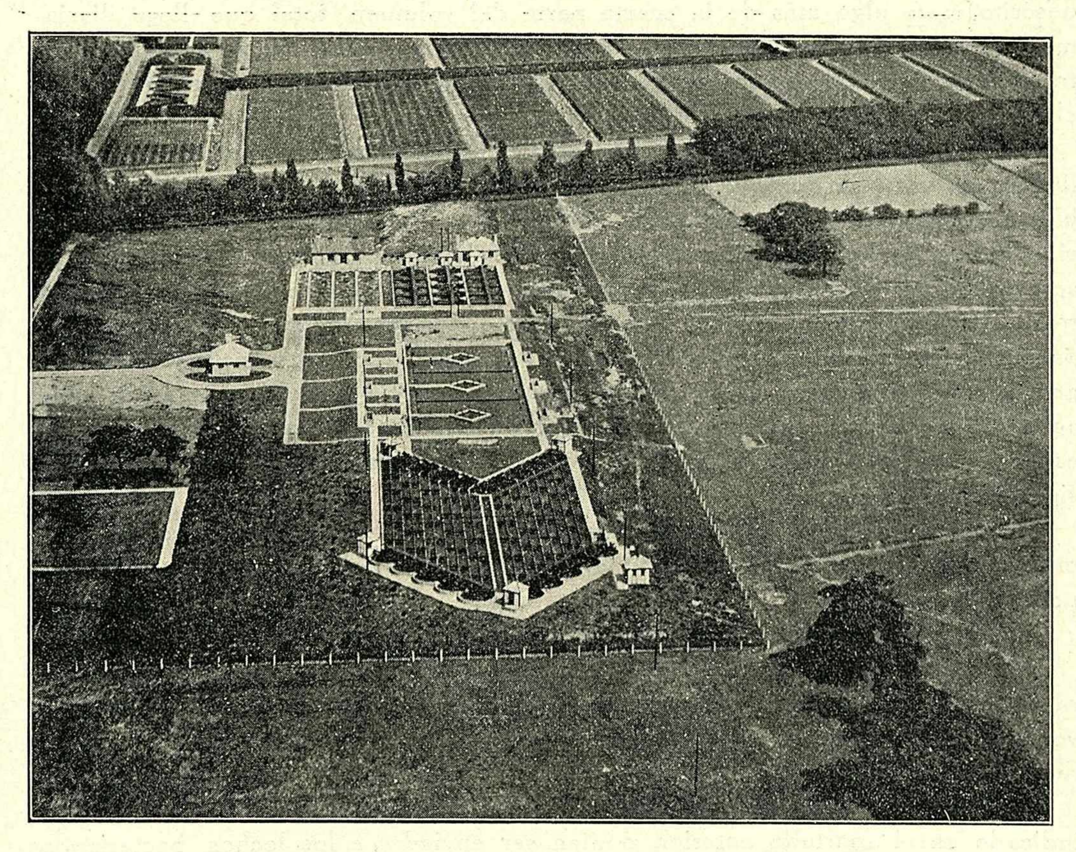
1.°) Que era posible tratar por los barros activados las aguas de Birmingham a pesar de la proporción elevada de aguas industriales que las componen;

2.°) Que una decantación preliminar mejoraba los resultados;

3.°) Que la aeración de las aguas en presencia de barros activados durante una hora, permitía reducir en un 60 °/₀ las impurezas de las aguas, provocando la coagulación o aglomeración de las materias sedimentables para recogerlas facilmente;

4.°) Se constató además que las aguas después de sufrir el tratamiento indicado en el apartado anterior, podían ser enviadas a los lechos bacterianos





(FIG. 159)

Vista general de las instalaciones de depuración por medio de los barros activados en Birmingham

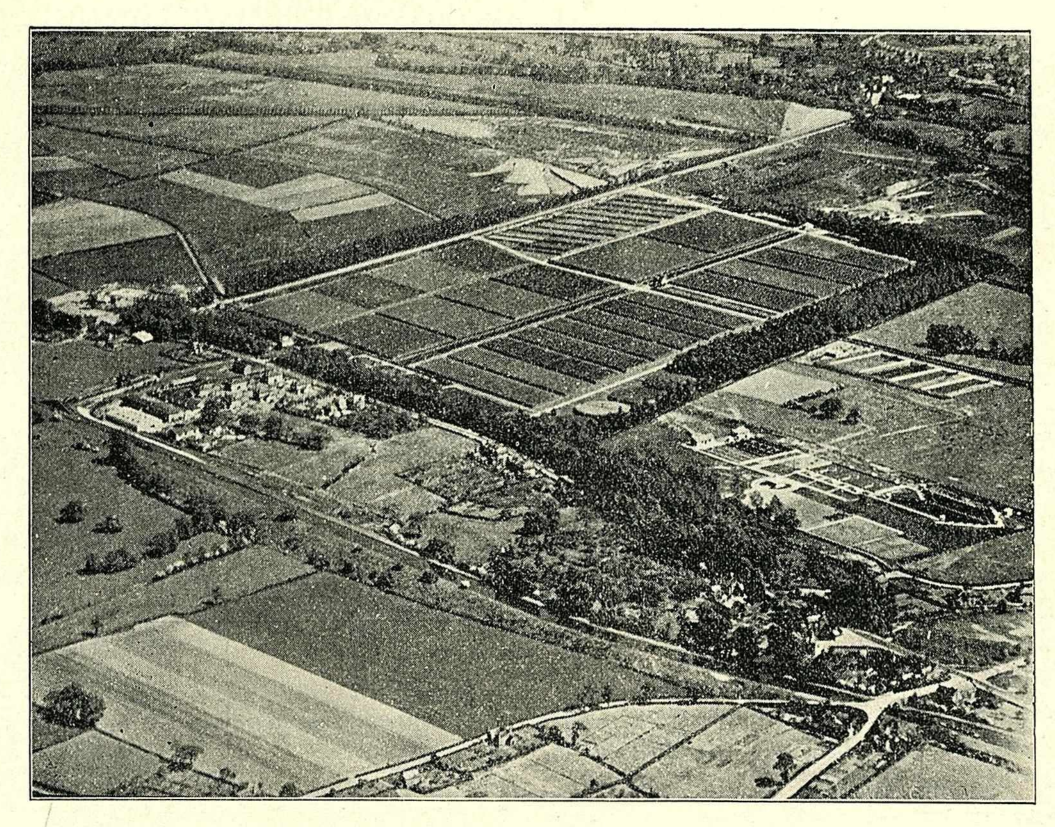
en dosis dobles de las dosis normales, por lo menos, suprimiéndose además los olores que se producían en los lechos existentes, en ciertas épocas del año;

5.°) Que con ese objeto no se necesitaba más que una proporción de barros activados de un 2 °/. a un 5 °/. del volumen de líquido tratado. (1)

Esas experiencias condujeron a la Junta de desagües a establecer hace un año, el proyecto de obras que luego de ejecutadas permitieron aumentar la capacidad depuradora de los lechos bacterianos y suprimir los olores desagradables, que constituían un motivo de serias preocupaciones. Las Figs. 157 y 158 permiten apreciar esquemáticamente la disposición de las instalaciones y la Fig. 159 da una idea del conjunto de las mismas.

A las aguas provenientes de los tanques de sedimentación preliminar de

(1) Recuérdese que la cantidad de barros activados usada generalmente en las plantas en que se efectúa una depuración completa, varía de un 15 °/. a un 25 °/..

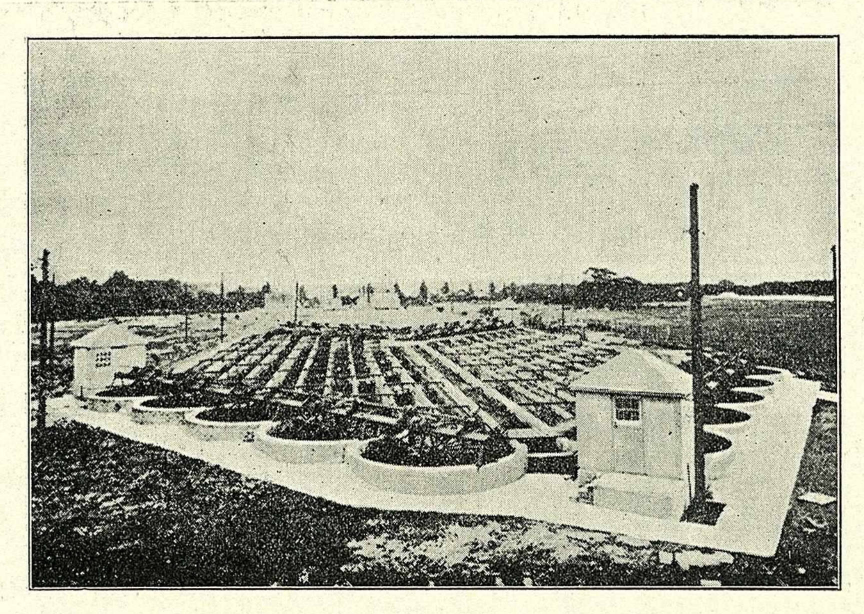


(FIG. 160)

Ciudad de Birmingham. — Vista general de la estación de depuración

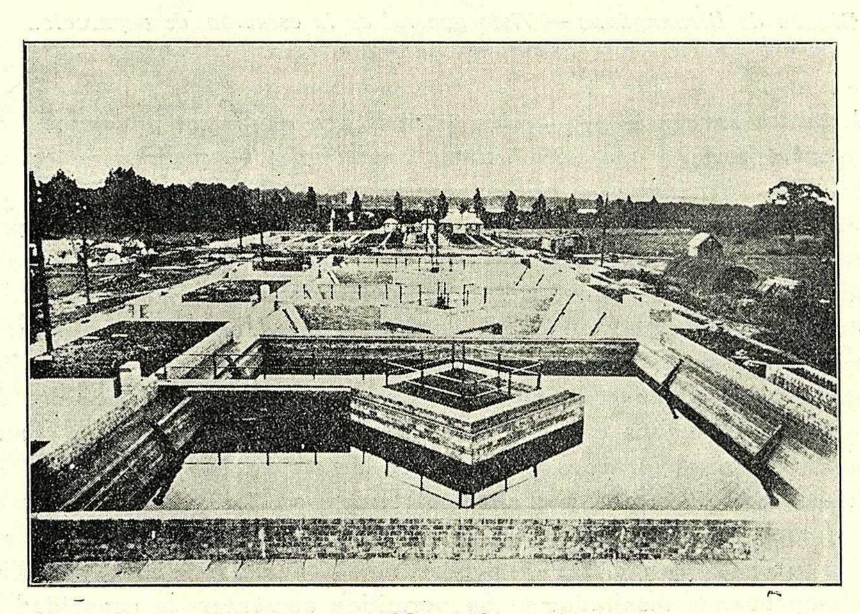
Minworth se les agrega la proporción ya indicada de barros activados, agitándose la mezcla durante una hora. Estas operaciones se realizan en estructuras especiales, Fig. 161, formadas por una serie de canales de 1.40 m. de ancho y 1.30 m. de profundidad, construídos con una pendiente capaz de producir una velocidad de 0.30 m. por segundo. El líquido solo alcanza a tener una profundidad de 1.20 m. Unas paletas inclinadas formando un ángulo de 30° con la superficie del agua, colocadas en los extremos de dos canales adyacentes, en compartimentos de planta circular, impulsan al girar los filetes líquidos y conjuntamente con unos tabiques transversales especiales, colocados de distancia en distancia en los canales, para obligar a la masa líquida a tomar un movimiento de espiral, provocan la aeración de las aguas. El sistema de agitación descripto es conocido por sistema Hartley o "Spiral - flow". En estos últimos tiempos se han colocado en los canales algunos difusores, para agregar aire por insuflación, con el fin de acrecentar la aeración. Esta modificación ha dado muy buenos resultados y ha permitido aumentar la capacidad de la instalación.

Después de una hora de permanencia en los canales de aeración las aguas pasan a unos tanques de decantación de fondo piramidal, Fig. 162,



(FIG. 161)

Ciudad de Birmingham. — Vista de los tanques de aeración de la estación de depuración



(FIG. 162)

Ciudad de Birmingham. — Vista de los tanques de decantación final de la estación de depuración

en donde los barros se depositan, pasando el efluente clarificado a los lechos bacterianos, en dosis dobles de las empleadas con las aguas que no han sufrido el tratamiento de bio-coagulación descripto.

Los barros son enviados a su vez a los tanques de reaeración o acondicionamiento, Fig 163, donde logran el máximo de actividad o eficacia. Para ello se les mezcla y airea durante períodos de catorce a veinte horas, por medio de difusores o mecanismos agitadores y aireadores del sistema "Simplex". En Birmingham se ha comprobado que durante estas operaciones una pequeña parte de los barros se pierde, atribuyéndose esa pérdida a un fenómeno de "combustión húmeda" u oxidación en presencia de agua. De los tanques de acondicionamiento los barros se envían a los canales de aeración.

El funcionamiento de las instalaciones en gran escala ha permitido las siguientes constataciones:

1.°) Que el procedimiento de depuración adoptado y la disposición de las instalaciones, permite reducir al mínimo la influencia perjudicial de las avenidas de aguas de origen industrial.

En Birmingham este problema tiene importancia capital, pues son comunes las avenidas capaces de hacer variar fundamentalmente la concentración de las aguas durante el día. (1)

Los tanques de sedimentación preliminar y secundaria, aparte de remover un alto porcentaje de las materias sedimentables y obrar como reguladores de caudales, reducen los efectos perjudiciales de las aguas industriales, facilitando su dilución con las aguas más débiles de origen doméstico o las aguas pluviales. Pero esos tanques no serían suficientes en ciertos momentos para anular los efectos perjudiciales de ciertas aguas industriales (de fábricas de gas, etc.) de ahí que se haya optado por el acondicionamiento de los barros en tanques especiales, antes de ser conducidos a los canales de aeración, con lo que se logra disminuir notablemente los efectos perjudiciales de aquellas aguas, que como es sabido, han llegado con frecuencia a destruir todos los barros activados disponibles, en otras estaciones de depuración.

Las ventajas de las instalaciones del Birmingham se comprenden mejor cuando se piensa que una avenida de dos horas de aguas nocivas sobre una instalación de barros activados sin tanques de acondicionamiento sometería todo el volumen de barros activados disponibles al efecto destructor o esterilizante de las aguas industriales, mientras que en las instalaciones construidas destruiría solamente el reducido volumen utilizado en los tanques de aeración durante las dos horas, quedando el resto disponible en los tanques de acondicionamiento. En el primer caso se requerirían algunas semanas para obtener los barros necesarios para poner de nuevo la planta en buenas condiciones de funcionamiento; en el segundo, algunas horas serían suficientes.

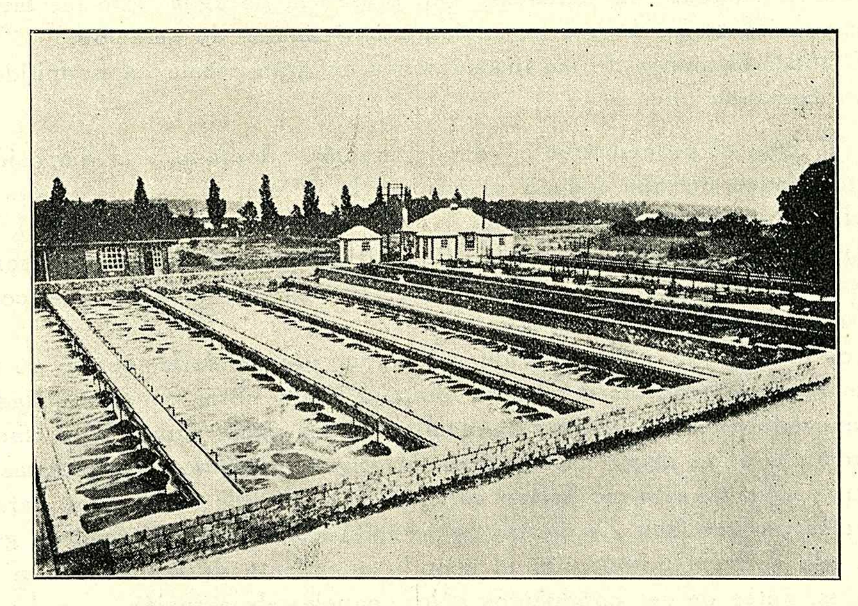
2.°) Respecto a la remoción de las materias coloidales se ha podido ve-

---

(1) Aguas que consumen 100 p. p. m. de oxígeno del permanganato, en 4 horas, en medio ácido, a 29°C, se modifican hasta consumir 330 p. p. m.

rificar que la acción de los barros activados, cuando son usados como en Birmingham, para producir una depuración parcial, es semejante a la de la decantación por medio de coagulantes químicos, resultando más ventajosos por que la eficacia de los agentes biológicos es mucho más intensa y el tratamiento resulta más económico.

Ambos procedimientos permiten evitar que las materias coloidales pasen a los lechos bacterianos en cantidades capaces de reducir considerablemente su eficacia, pero la decantación por medio de coagulantes no elimina los olores ni las moscas de los lechos bacterianos, mientras que un tratamiento de-



(FIG. 163)

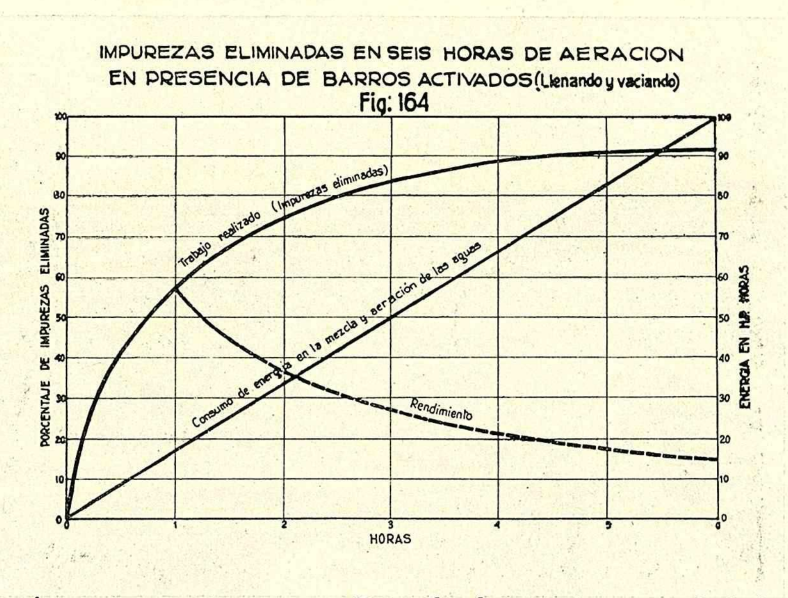
Ciudad de Birmingham. — Vista de los tanques de reaeración o acondicionamiento de los barros de la estación de depuración

bio - coagulación como el aplicado en Birmingham, suprime los olores, al detener la tendencia de los líquidos a entrar en putrefacción, evita el desarrollo de cierta especie de moscas (psychoda), que en ciertas épocas del año son una plaga en los lechos percoladores, y reduce la materia coloidal al punto que pueden duplicarse largamente las dósis corrientemente usadas con esos lechos. Se han llegado a tratar 1.700 litros por metro cuadrado en 24 horas, o sea 1.050 litros por metro cúbico de lecho, sin que se hayan producido acumulaciones perjudiciales. Algunos lechos que antes de recibir las aguas parcialmente depuradas tenían acumulaciones importantes, después de un tiempo de tratar aquellas aguas se limpiaron, por así decirlo, y funcionaron regularmente.

3.°) El tratamiento parcial empleado en Birmingham permite sacar parti-

do de las ventajas económicas que se derivan de una corta aeración de las aguas en presencia de los barros activados.

El diagrama, Fig. 164 preparado por el Ing.° John D. Watson, antecesor del actual Ingeniero - Jefe de la Junta de desagües, permite apreciar la remoción de impurezas que puede obtenerse en seis horas de bio - aeración, siguiendo la práctica conocida por "llenar y vaciar". Los más altos rendimientos del tratamiento se obtienen en las primeras horas, en las cuales se produce la aglomeración o coagulación de la mayor parte de las sustancias coloidales. En el resto del tiempo considerado, intervalo en que se produce la oxidación de las sustancias en disolución, la eficacia disminuye sensiblemente, debido sin duda, a la rápida reducción de las sustancias destruíbles experi-



mentada en los primeros instantes. Estos hechos y la necesidad de sacar un mayor partido de los lechos bacterianos existentes, indujeron al Ing.° Watson a aconsejar en 1922 la adopción del tratamiento parcial descripto, llevado a la práctica con todo éxito más tarde, por su sucesor el Ing.° H. C. Whitehead.

4.°) Como ya se ha dicho, la cantidad de barros activados utilizada varía del 2 °/₀ al 5 °/₀ (en volumen) del agua tratada.

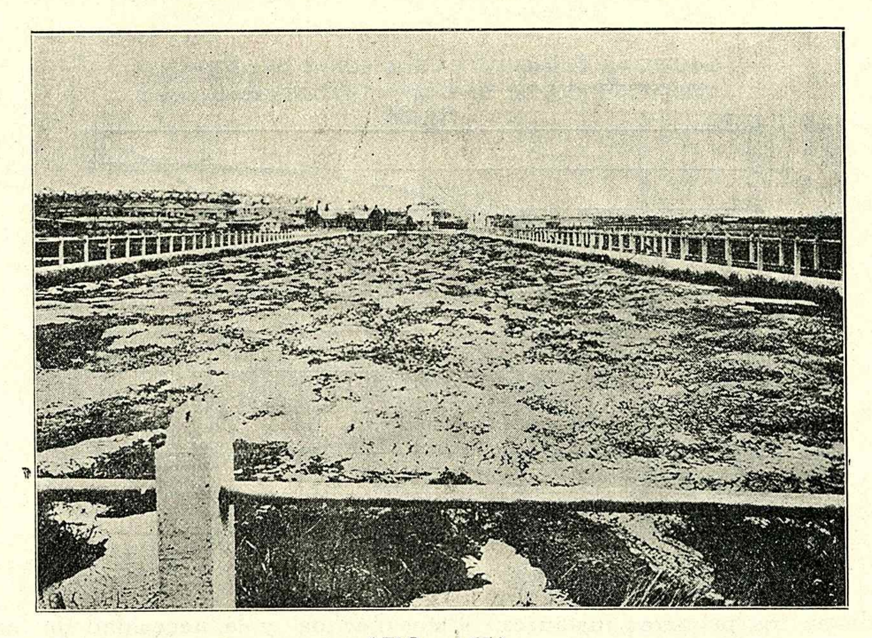
Siendo la cantidad empleada en la generalidad de los casos en que se efectua el tratamiento completo por barros activados de un 25 °/₀, es indudable la economía que ha de derivarse de tener que acondicionar solamente la décima o la quinta parte de barros, aún cuando el tiempo de reaeración o acondicionamiento sea doble.

Los barros activados de Minworth tienen las siguientes características:

Agua.	98.66 °/₀
Materia seca	1.34 °/₀
	100.00 °/₀

En la Estación de depuración de Birmingham los barros de los tanques de sedimentación y los barros activados en exceso son tratados en tanques de digestión separada, en su mayoría a cielo abierto, Fig. 165.

Como en todas las instalaciones modernas de esa especie, se mantiene en esos tanques una proporción determinada entre los volúmenes de barros ya digeridos y los barros frescos que se introducen en los tanques. En general se sigue esta rutina: aislado un tanque de sedimentación, se bombea primero el agua que sobrenada y después se hace lo mismo con el barro que resta en el fondo, cuyo volumen total (de 1500 a 2300 $m.^3$) se distribuye entre uno o más tanques de digestión, tratándose de no verter en un tanque un volumen



(FIG. 165)

Ciudad de Birmingham. — Vista de los tanques de digestión separada de la estación de depuración

superior a la cuarta parte de su capacidad, con el fin de mantener una mezcla conveniente de barros frescos y barros parcial o completamente digeridos. Cuando la temperatura es de 15° C o más, este procedimiento da excelentes resultados, pero cuando la temperatura desciende de 10° C es necesario mezclar (1) el barro fresco con barro maduro o barro digerido activo, antes de introducirlo en el tanque de digestión, lo que se hace bombando este material de uno de los tanques de digestión al canal que conduce el barro fresco al tanque donde digerirá. La proporción usual de la mezcla es de una parte de barro digerido por cuatro de barro fresco. En días de frío excepcional se au-

(1) Inoculación o siembra.

menta la temperatura de los barros que se introducen en un tanque, inyectando vapor en la canalización que los conduce a él.

El intervalo entre dos cargas sucesivas de un tanque de digestión depende de las necesidades: generalmente es de varias semanas, pero varía entre límites muy amplios.

Los barros frescos tienen un 90 °/o de humedad.

Es sabido que para que un barro digerido pueda escurrir bien en un lecho apropiado, se requiere que contenga la menor proporción de sustancias coloidales. Para asegurar esa condición, en vista de la calidad de los barros a tratar, en Birmingham se ha optado por hacerlo digerir en dos etapas, o sea en tanques de digestión preliminar y secundaria. Los barros permanecen en los primeros unos tres meses y otros dos en los segundos.

Como en las instalaciones similares, aproximadamente una tercera parte de la materia sólida seca de los barros es transformada en líquido y gases. La destrucción de la materia orgánica por fermentación y el gran desarrollo de gases tiene lugar durante las primeras fases de la digestión, o sea en los tanques preliminares, realizándose en los tanques secundarios las transformaciones de las condiciones físicas, que permiten posteriormente que los barros sequen sobre los lechos de escurrimiento, en plazos cortos.

En el cuadro N.° 25 se dan algunos datos sobre la composición de los barros en diferentes etapas de su tratamiento.

CUADRO N.° 25

CIUDAD DE BIRMINGHAM

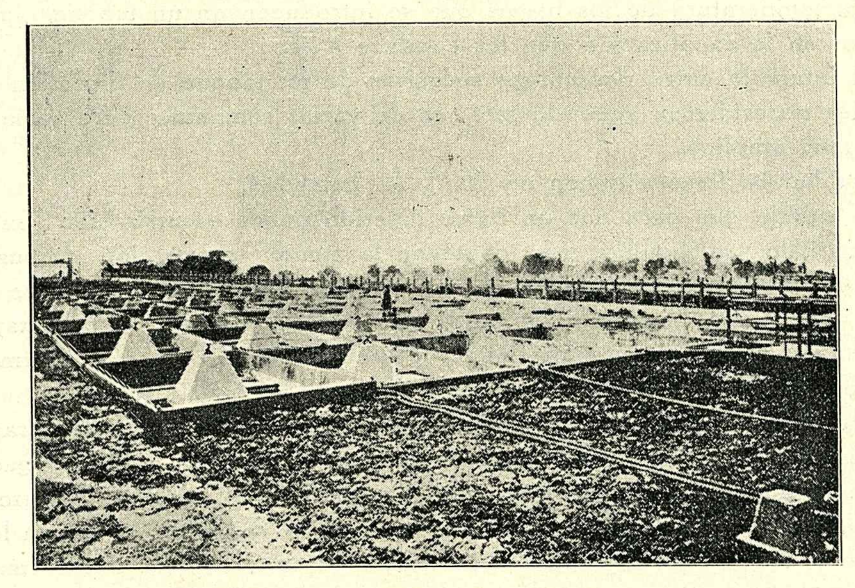
Composición de los barros de las estaciones de depuración

	Barros frescos a la entrada de los tanques de digestión preliminar	Barros parcialmente digeridos a la salida de los tanques de digestión preliminar	Barros a la salida de los tanques de digestión secundaria	Barros retirados de los lechos de escurrimiento
	°/o	°/o	°/o	°/o
Agua	91.75	90.52	88.73	35
Sólidos secos	8.25	9.48	11.27	65
Materias volátiles en la materia sólida .	56.80	45.20	41.28	—

Nitrógeno total en los barros frescos: 2.71 °/o
Nitrógeno total en los barros digeridos: 2.47 °/o

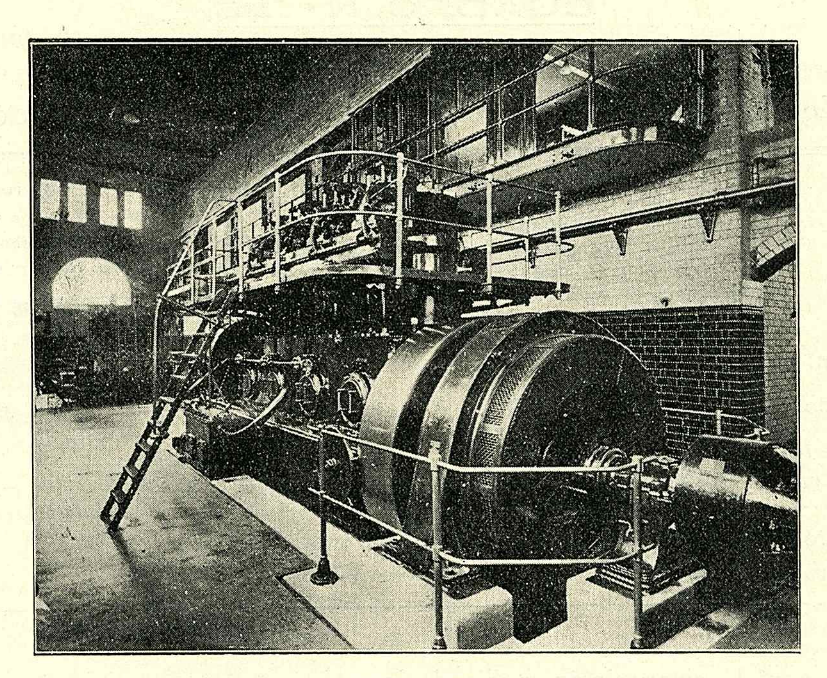
He aquí la composición media de los gases:

Metano . . . . 57 °/o
Anhidrido carbónico . . . . 30 »
Nitrógeno . . . . 3 »



(FIG. 166)

Ciudad de Birmingham. — Vista de los tanques de digestión con cámaras para la recolección de gases en la estación de depuración



(FIG. 167)

Ciudad de Birmingham. — Vista de un motor que trabaja con los gases provenientes de la digestión de los barros en la estación de depuración

En el año 1921 se construyó una instalación experimental para estudiar las ventajas económicas de la utilización como combustible de los gases producidos durante el proceso de digestión de los barros. Las experiencias duraron cuatro años y permitieron hacer observaciones muy provechosas. Como consecuencia de los resultados obtenidos, la Junta de desagües de Birmingham resolvió en Diciembre de 1925 ejecutar en Saltley las primeras instalaciones para recolección de dichos gases e instalar el primer motor para su aprovechamiento. Los gases son recogidos en grandes cajones de hormigón armado que cubren la tercera parte de los tanques de digestión preliminar y se mantienen por flotación, Fig. 166. El primer motor de combustión interna instalado fué de 150 H. P. y se utilizó para generar la energía eléctrica necesaria para accionar las bombas de barros y otros fines semejantes. Recientemente se acaba de instalar un grupo generador con motor de 450 H. P. capaz de suministrar la energía necesaria para los servicios de toda la Estación de depuración. Este motor es actualmente el de mayor potencia en el mundo, que trabaja con gases provenientes del tratamiento de los barros de las aguas residuales, Fig. 167. Los gases se envían a los motores directamente sin purificar, no habiéndose constatado corrosiones, en dos años de funcionamiento. El poder calorífico de los gases es de unas 5500 calorías, mientras que el poder calorífico del gas de alumbrado de la ciudad de Birmingham es de 4000 calorías.

Se ha estimado que los tanques de digestión preliminar de Saltley pueden producir alrededor de 4 250 000 m.^{3} de gas por año y que con instalaciones de recolección y utilización de tipos iguales a los ya adoptados se podrán atender en el futuro todas las necesidades de una planta de depuración capaz de tratar las aguas residuales de una población de 1 000 000 de habitantes. Las instalaciones de recolección de gases de Birmingham son las más importantes de las construídas hasta la fecha en una estación de depuración.

El barro de los tanques de digestión secundaria es bombado a los lechos de escurrimiento de la planta de Minworth, que tienen una extensión aproximada de 27 Ha. Los lechos están constituídos por una capa de cenizas finas, de espesor variable entre 0.30 m. y 0.90 m., que se apoya en un fondo perfectamente drenado. Por filtración y evaporación los barros pierden, término medio, el 65 °/₀ del agua. Si se tiene en cuenta que los barros tratados anualmente en los tanques de digestión pesan a la salida de los tanques de sedimentación unas 400 000 toneladas y a la salida de los tanques de digestión unas 30 000 toneladas, se apreciará la economía que representa la digestión de los barros en lo que se refiere a manipulación y transporte de ese producto final de la depuración de las aguas servidas.

La Junta de desagües de Birmingham ha extremado todos sus esfuerzos para efectuar la depuración de las aguas residuales de la manera más completa posible, reduciendo al mínimo los inconvenientes que ofrecen las plantas de depuración para los propietarios vecinos. Todas las instalaciones son mantenidas en un estado de limpieza admirable y rodeadas de un marco de plantaciones y partes enjardinadas, que dan al conjunto un aspecto sumamente agradable.

Baltimore es una importante ciudad fabril de 730 000 habitantes, situada sobre la bahía de Chesapeake.

El sistema de alcantarillado actual fué construído en 1906 y es del sistema separativo. La ciudad está dividida en dos zonas: una alta y otra baja. Las aguas de la zona alta llegan por gravedad a la Estación de depuración. Las de la zona baja llegan a una casa de bombas, desde donde son levantadas al emisario que conduce las aguas de la zona alta a la Estación. Cada zona contribuye aproximadamente con el 50 °/o del volvmen total de aguas residuales que se tratan.

La casa de bombas está ubicada en el centro de la parte baja de la ciudad, que es la parte más comercial. Las aguas residuales antes de pasar a las bombas atraviesan unas rejas móviles y luego otra de barras fijas.

Las aguas son elevadas por medio de 3 bombas verticales de triple expansión, capaces de levantar por día 104 000 m.^{3} cada una. No se han previsto en esta casa de bombas ni vertederos ni derivaciones para casos de emergencia, lo que obliga a mantener las bombas en estado de buen funcionamiento contínuamente, para evitar inundaciones en una zona importante de la ciudad

El volúmen medio elevado diariamente es de 114.000 m ^{3}, que la experiencia ha mostrado que se reduce en un sexto los domingos y días festivos.

Las aguas que llegan a la Estación de depuración son aguas de origen doméstico, generalmente en principio de descomposición por el largo recorrido que hacen. Muchos establecimientos industriales: mataderos, fábricas de conservas alimenticias, de aceros, de drogas, de tinturas, etc., vierten sus aguas en el alcantarillado público, sin perjudicar el funcionamiento de las instalaciones de depuración.

El volúmen medio de aguas depurado diariamente es de unos 210 000 m.^{3}.

El emisario general que llega a la Estación descarga en una cámara de rejas, donde las aguas sufren el primer tratamiento. Hay dos rejas emplazadas a lo largo de los tabiques divisorios de dos canales laterales de entrada con un tercero central de recolección. Tienen una inclinación de 76° con la horizontal, 15.09 m. de largo y 3.53 m. de alto. Están formadas por barras de 32 mm. por 12 mm., que dejan entre sí luces de 22 mm. El espacio libre de las rejas es seis veces mayor que el área del emisario.

Las rejas se limpian a mano. Los resíduos se depositan en las plataformas que coronan los muros divisorios del canal central con los laterales De allí son retirados por carretillas hasta una plataforma exterior, de donde a su vez los levantan los granjeros de la región, que los compran para abono.

La cámara de rejas está dentro de un edificio bien ventilado.

Los resíduos retenidos en las rejas por cada 1.000 m.^{3} de agua tratados oscilan entre 28 y 30 litros. Tienen una humedad de 83 °/o.

Las aguas al abandonar la cámara de rejas son enviadas por medio de cinco tuberías de fundición de 1.07 m. de diámetro, a los tanques de sedimentación. Dichas tuberías arrancan de una de las dos cámaras de cabecera, inme-

diatas a la cámara de rejas, habiéndose dejado la otra para los ensanches futuros. En cada tubería se ha instalado un tubo Venturi. Cuatro de esos contadores registran los caudales que se tratan en cada uno de los cuatro tanques de sedimentación y el restante, los caudales que se tratan en los tanques Imhoff.

Hay cuatro grandes tanques de sedimentación simple, de planta rectangular, y 28 tanques Imhoff circulares, en los que las aguas se desplazan radialmente; pero los caudales que llegan a la Estación se tratan exclusivamente en los primeros por las razones que expondremos más adelante.

Cada tanque de sedimentación trabaja hasta que los análisis muestran que la eficacia de la sedimentación declina, retirándosele entonces del servicio. En promedio cada tanque queda en servicio, de ocho a doce días. Cuando un tanque se retira del servicio queda en reposo uno o dos días, luego se retira el líquido comprendido entre la capa de materias de la superficie y la de materias sedimentadas, por medio de bombas que descargan dentro de uno de los otros tanques en funcionamiento, y enseguida se bomban dichas materias sedimentadas, a los tanques de digestión.

Cada uno de los tanques de sedimentación tiene una longitud de 127.31 m. y está alimentado por una tubería de 1.07 m. de diámetro, que descarga en el centro del muro de cabecera.

Las aguas después de entrar a uno de esos tanques atraviesan un tabique transversal, que dista 0.91 m. del muro de cabecera, por 6 aberturas de 2.74 m. de ancho, separadas de 2.43 m., de centro a centro.

Cada tanque está dividido transversalmente en dos partes, por un tabique cuyo borde superior dista 1.83 m. del fondo del depósito. Pasando este tabique, en el sentido del discurrimiento de las aguas, hay otro tabique de superficie, cuyo borde inferior está 0.31 m. más bajo que el coronamiento del anterior. El objeto del primero de los tres tabiques mencionados es amortiguar la velocidad de las aguas que llegan, y el de los otros dos, crear una división entre la parte en que se producen generalmente las grandes deposiciones y la parte restante, evitando el arrastre de los sedimentos de la primera a la segunda.

La parte anterior de cada tanque tiene 31.67 m. de largo por 31.03 m. de ancho y una profundidad que varía de 3.20 a 3.60 m. El fondo está dividido en tres canales que tiene cada uno 20.81 m. de largo por 8.53 m. de ancho en la parte superior, 0.61 m. en la inferior, y 0.38 m. de profundidad. El fondo de esos canales está constituído por una canaleta de evacuación semicircular, de 0.61 m. de diámetro, que tiene una pendiente de 2.75 °/₀ hacia una boca de descarga de 0.81 por 1.22 m., ubicada bajo el tabique de fondo.

La parte posterior de cada tanque tiene 95.63 m. de largo por 30.94 m. de ancho y una profundidad que varía de 3.96 a 4.72 m. El fondo está dividido en dos canales similares a los descritos en el párrafo anterior. Estos canales tienen 62.46 m. de largo por 15.47 m. de ancho en su parte superior y 0.61 m. en la inferior.

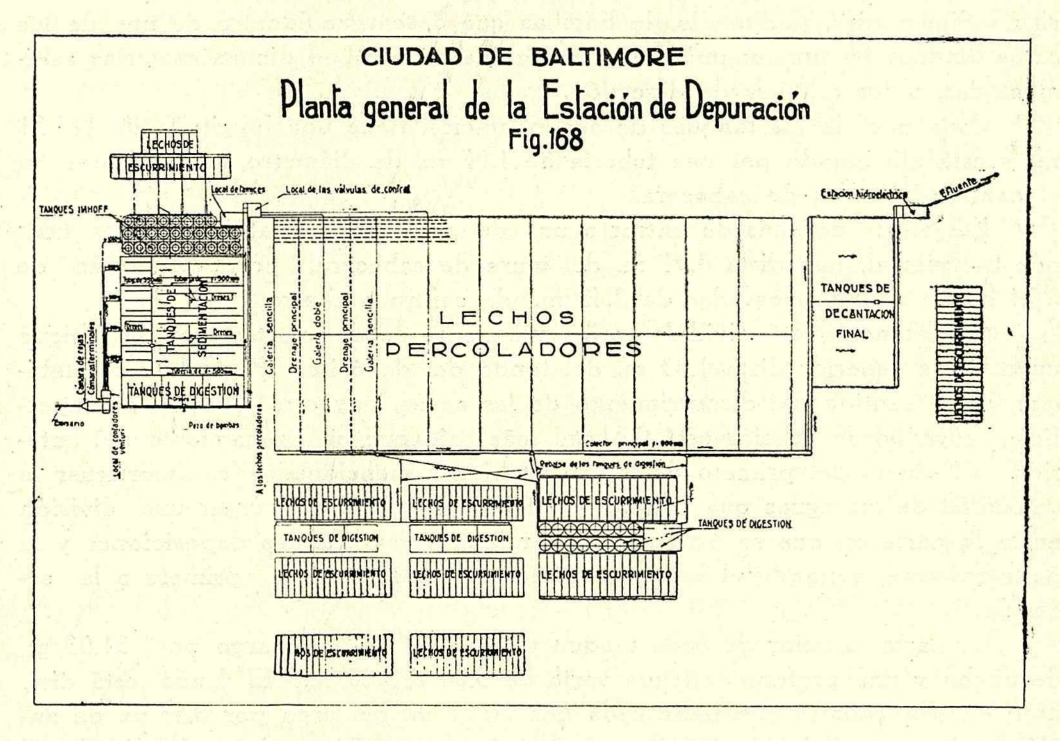
Las canaletas inferiores tienen pendientes hacia unos drenajes centrales colocados a una distancia de 16.65 m. del tabique de fondo. Los drenes des-

cargan en unos conductos ovóides colocados debajo de los muros divisorios de los tanques.

El líquido efluente de cada tanque pasa a través de seis válvulas de compuerta de 0.61 m. de diámetro, a un canal de sección cuadrada de 3.81 m. de lado. Frente a esas compuertas hay un diafragma o tabique de superficie, cuyo borde inferior dista 2.29 m. del coronamiento del tanque y 0.15 m. del borde inferior de las compuertas. El diafragma dista 0.91 m del muro.

Cuando se quiere descargar un tanque retirado del servicio se empujan los barros, por medio de chorros de agua, hasta unos pozos de succión, de donde los toman las bombas centrífugas para elevarlos a los tanques de digestión. Hay dos bombas: una para cada dos tanques. Se han colocado hidrantes para suministrar el agua necesaria para la descarga y limpieza de los tanques.

La capacidad de cada tanque de sedimentación es aproximadamente de



15 140 m.³, pero toda la capacidad no es útil durante el funcionamiento, pues hay que descontar, indudablemente, los volúmenes ocupados por los barros sedimentados y la capa flotante

Experimentos hechos con materias colorantes han permitido apreciar que el período de retención es, término medio, de 3 a 3 $^1/_2$ horas.

La práctica ha demostrado en Baltimore, que el removido de materias sedimentables en los tanques descriptos aumenta con la concentración de esas materias en el agua que entra a ellos.

Los barros de la parte anterior de los tanques suelen tener 82.2 % de humedad y los de la parte posterior 83.6 %; pero después de bombados tienen 93.4 %, debido al agua utilizada para removerlos.

La cantidad de barros removida en promedio alcanza a 2 m.^{3} por cada 1.000 m.^{3} de agua tratados.

Los tanques Imhoff están ubicados en dos filas de diez unidades cada una y otra de ocho unidades. Fueron proyectados para tratar cada uno 3785 m.^{3} por día.

Una tubería de 1.07 m. de diámetro alimenta los distintos canales que conducen las aguas a esos tanques, que por medio de compuertas podrían ponerse en servicio o aislarse.

La Fig. 169 muestra las dimensiones principales de los tanques Imhoff.

Las aguas pueden entrar a cada tanque por una canaleta radial, de 0.30 m. de ancho y 0.46 m. de profundidad, que descarga en otra que rodea la chimenea de gases y tiene 0.30 m. de ancho por 0.41 m. de profundidad. De esta canaleta de distribución pasan las aguas a la de recolección, que contornea la pared exterior del tanque, después de atravesarlo radialmente. La canaleta de recolección tiene 0.30 m. de ancho por 0.51 m. de profundidad. A una distancia de 1.22 m. de la canaleta de recolección hay suspendido un diafragma circular de hierro galvanizado de 0.66 m. de altura, colocado en forma tal que su borde inferior está a 0.60 m. de la cresta de la canaleta de recolección.

Esta canaleta descarga en un canal de 0.91 m. de ancho, que descarga a su vez en la tubería del efluente de los tanques de sedimentación simple.

Las ranuras del fondo del canal de sedimentación de cada tanque tienen 20 cm. de ancho. Su solape es también de 20 cm.

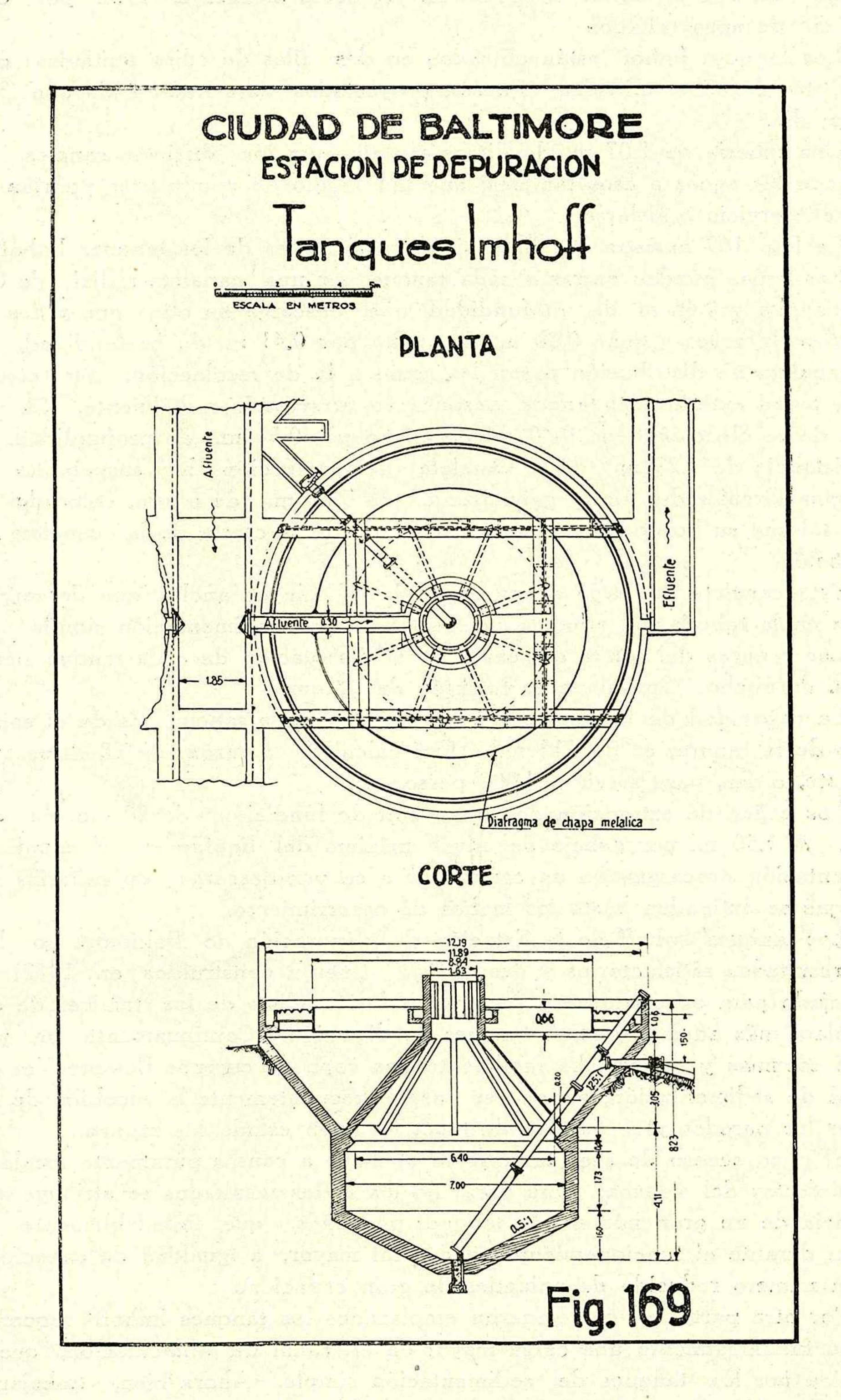
La capacidad de la cámara de digestión de cada tanque, desde el solape mismo de la ranura, es de 112 m.^{3}. Fué calculada a razón de 28 litros por habitante, o sea, para servir a 4.000 personas.

Los caños de extracción de barros son de fundición, de 20 cm. de diámetro. A 1.50 m. por debajo del nivel máximo del líquido en el canal de sedimentación descargan en un canal, que a su vez descarga en cañerías de grés, que se extienden hasta los lechos de escurrimiento.

Los tanques Imhoff de la Estación de depuración de Baltimore no han dado resultados satisfactorios y desde 1917 (fueron construídos en 1912) se han dejado para experiencias y para tratar los resíduos de los tamices de que se hablará más adelante, como tanques de digestión. Continuamente se producían espumas y se formaba facilmente una capa de cuerpos flotantes en los canales de sedimentación, aunque se pasara frecuentemente la escobilla de goma por las paredes y se cuidara de tener en buen estado las ranuras.

El poco suceso de esos tanques se atribuye a causas puramente locales y no a defectos del sistema. Una parte de los malos resultados se atribuye a la existencia de un gran número de tanques pequeños, que indudablemente requieren durante el funcionamiento un control mayor, a igualdad de capacidad, que un número reducido de unidades de gran capacidad.

Por otra parte, tal como fueron emplazados los tanques Imhoff requerían para su funcionamiento una carga mayor en el canal de alimentación, que la requerida por los tanques de sedimentación simple. Ahora bien, trabajando los tanques Imhoff en paralelo con los de sedimentación simple, durante las


CIUDAD DE BALTIMORE
ESTACION DE DEPURACION
Tanques Imhoff
ESCALA EN METROS
PLANTA
Afluente
Efluente
Afluente
1.85
Diafragma de chapa metalica
CORTE
12.19
11.89
8.94
1.53
0.66
1.06
1.50
3.05
8.23
6.40
7.00
1.73
4.11
0.5:1
1.25:1
1.60
Fig. 169

horas de caudal reducido (4 ó 5 al día) todas las aguas pasaban por estos últimos tanques, dejando automáticamente a los tanques Imhoff fuera de servicio. Al aumentar después los caudales, y hasta que los tanques Imhoff volvían a funcionar, como una consecuencia de los niveles disponibles en los canales de descarga, el efluente de los tanques de sedimentación durante un cierto intervalo lograba penetrar en los tanques Imhoff, en sentido contrario al del discurrimiento normal del líquido en ellos. En una y otra circunstancia se producían graves perturbaciones que hacían imposible el buen funcionamiento de los tanques Imhoff.

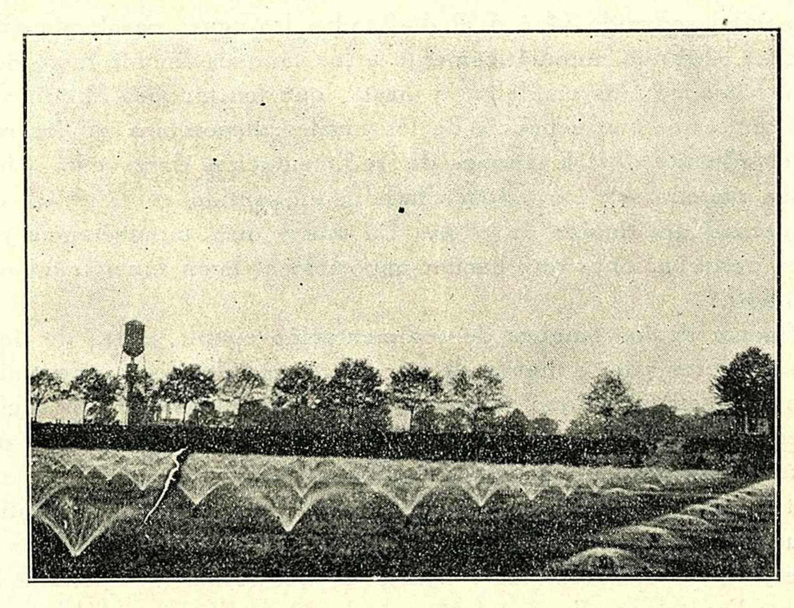
El efluente de los tanques de sedimentación simple, antes de llegar a los lechos percoladores pasa a través de unos tamices, donde se desembaraza de los sólidos en suspensión que arrastra y que podrían obstruir los pulverizadores. De esta manera se ha reducido al tercio el número de horas de trabajo dedicado a la conservación de dichos pulverizadores.

Los tamices en número de cuatro, son del tipo de tambor rotativo. Dan una revolución por minuto. Las aguas entran por el interior de los tambores y salen después de atravesar la tela metálica que forma la superficie lateral de los mismos. Esa tela es de metal Monel, de 22 mallas por pulgada La limpieza se hace por el exterior y la parte superior, por medio de una lluvia producida por una corriente del líquido que constituye el efluente final de la Estación, que pasa a través de una ranura de 0.2 mm de ancho, practicada en un tubo. Parte del efluente final de la Estación es bombado a un tanque alimentador, elevado, construído expresamente para producir la presión necesaria. Las materias sólidas retenidas caen a una canaleta, de donde pasan arrastradas por el agua de limpieza, a uno de los tanques Imhoff para su digestión.

Cada tamiz puede tratar 113 550 m.^{3} de aguas residuales por día, con una pérdida de carga de 0.15 m.

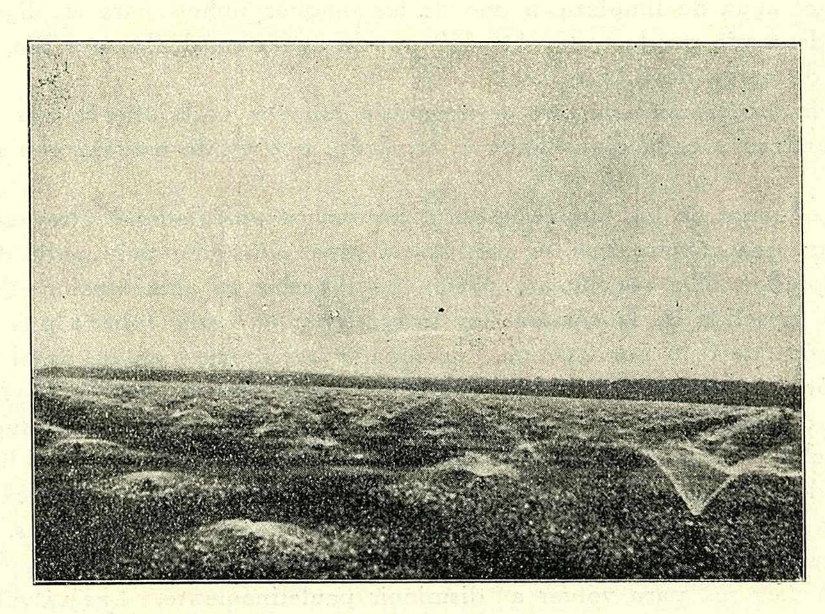
Se ha experimentado que es necesario renovar cada año la tela metálica de los tamices y cada cinco años la armazón, que es de madera con rayos de acero.

El efluente de los tamices pasa a los lechos percoladores atravesando primeramente una cámara, que se mantiene a nivel constante por medio de válvulas de flotador. De esa cámara parten las tuberías de alimentación de los lechos. A la salida de la cámara hay intercalada en cada tubería una válvula de mariposa de 0.46 por 0.69 m., accionada por medio de un árbol movido por motor eléctrico, con la interposición de engranajes y superficies frotantes. El plato de cada válvula da una revolución cada 10 minutos, produciéndose durante ella dos ciclos de funcionamiento, es decir dos pasajes del líquido al lecho y dos cierres. La distribución del agua sobre los lechos se hace al principio de un ciclo sobre la piedra partida adyacente a las boquillas, aumentando gradualmente el alcance del líquido pulverizado hasta alcanzar una distancia de 2.25 m., para volver a disminuir paulatinamente. Las válvulas que gobiernan las tuberías alimentadoras de cada par de lechos están defasadas 90°, de modo que cuando en un lecho la pulverización alcanza su mayor amplitud en el otro sucede lo contrario. Las Figs. 170 a 173 confirman lo que acabamos de decir.



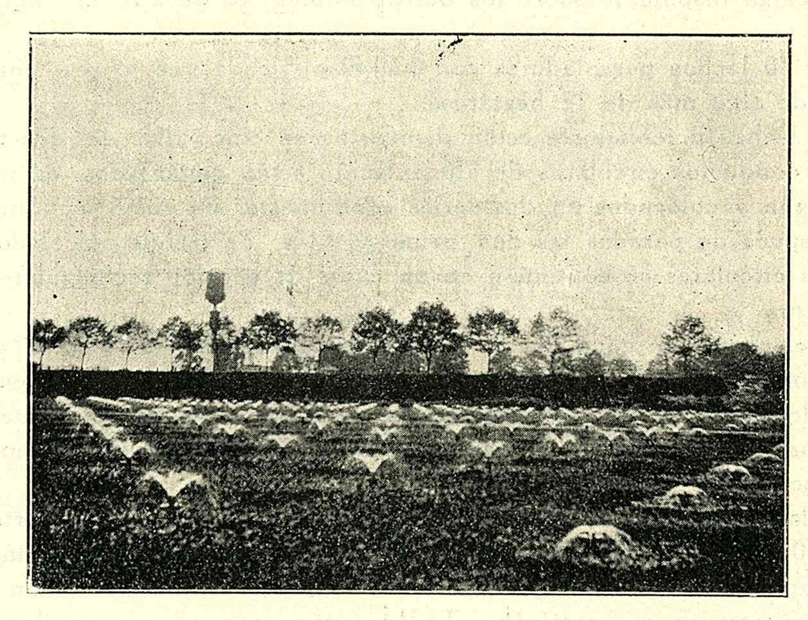
(FIG. 170)

Ciudad de Baltimore. — Vista de los lechos percoladores de la estación de depuración



(FIG. 171)

Ciudad de Baltimore. — Vista de los lechos percoladores de la estación de depuración



(FIG. 172)

Ciudad de Baltimore. — Vista de los lechos percoladores de la estación de depuración



(FIG. 173)

Ciudad de Baltimore. — Vista de los lechos percoladores de la estación de depuración

La carga disponible sobre los pulverizadores es de 2.70 m. aproximadamente.

Hay 10 lechos percoladores con 12.140 m.^{2} cada uno, o sea una superficie total de algo más de 12 hectáreas.

Los lechos percoladores están dispuestos en cinco filas de dos unidades. Los diez conductos circulares de alimentación están empotrados en un bloque de hormigón y colocados en dos series superpuestas de cinco conductos cada una. Después de pasadas las dos primeras filas de lechos percoladores, los conductos circulares se continúan en un canal de sección rectangular de 0.76 por 1.22 m.

En el centro de cada fila de lechos hay una galería de 3.76 m. de ancho por 2.29 m. de alto, dividida por tabiques en tres secciones: en la central, de 1.32 m. de ancho van emplazadas las dos canalizaciones que alimentan los lechos (una por cada lado), utilizándose las secciones laterales como galerías de inspección.

De las canalizaciones principales emplazadas en la galería, parten ramales de 150 mm. de diámetro, distantes 4.57 m. de eje a eje, que alimentan 11 pulverizadores cada uno. Algunos de estos ramales son de fundición y otros de grés empotrados en hormigón. Todos están sostenidos por pilarcitos, en forma que los ejes de los ramales quedan a una distancia debajo de la superficie de los lechos igual a 0.84 m. Los ramales se continúan después del último pulverizador con tubos de 75 mm., hasta una galería perimetral, donde terminan en una llave. Al principio el agua se descargaba en esa galería, cuando se limpiaban los ramales, pero como eso producía acumulaciones en las canalizaciones, se prefiere ahora en esos casos retirar el último pulverizador y descargar las aguas por el orificio en que va emplazado.

De los ramales de alimentación parten los ramales verticales que terminan en los pulverizadores. Esos ramales verticales son de fundición, de 75 mm. de diámetro, y se extienden en forma que la parte superior del pulverizador queda 15 cm. sobre el nivel de la piedra partida.

Hay 583 pulverizadores por lecho. De los 5830 colocados en total, 4360 son del tipo Mertitt y el resto del tipo Taylor. Están espaciados uno de otro 4.75 m

Los lechos están constituídos por una capa de 2.60 m. de piedra basáltica, partida en trozos de 25 mm. a 63.5 mm.

El drenaje está constituído por una serie de canales paralelos a las tuberías de alimentación, practicados en la losa de hormigón que constituye el fondo. Esos canales tienen 15 cm. de ancho por 10 cm. de profundidad y distan entre sí 28 cm. de eje a eje. La pendiente de ellos es de 1/2 °/₀ hacia las galerías central y perimetrales. Los canales están recubiertos por losetas de grés vidriado de 25 por 50 cm.

Actualmente se utilizan de cuatro a ocho hectáreas de lecho solamente. Los volúmenes diarios tratados por hectárea varían de 25 000 a 28 000 m.^{3} o sea de 978 litros a 1085 por metro cúbico de lecho y por día (1). Los le-

(1) Las experiencias realizadas han demostrado que el volumen máximo que podría tratarse eficazmente en los lechos de la Estación sería, por día, de unos 31.000 m.^{3} por hectárea.

chos que hay en exceso se ponen en funcionamiento durante una hora cada día, para mantenerlos en buenas condiciones.

Una característica de los lechos percoladores de la Estación de depuración de Baltimore es que los drenes y parte del material filtrante quedan sumergidos durante algunas horas del día, cuando el nivel del agua en los tanques de sedimentación final se eleva.

Las aguas que salen de los lechos percoladores son recogidas en un canal que las conduce a los mencionados tanques de sedimentación final. En un trozo de su recorrido ese canal se ensancha, habiéndose pensado en convertir ese ensanche en cámara de mezcla cuando sea necesario tratar con un esterilizante el efluente de los lechos percoladores.

Hay dos tanques de sedimentación final de 82.91 m. de largo por 88.39 m. de ancho cada uno. La profundidad varía de 3.05 a 3.65 m. El fondo de los tanques tiene pendiente hacia un drenaje colocado en el muro divisorio. Ese drenaje comunica con una bomba. El agua penetra en los tanques a través de compuertas y cortes efectuados en el canal de entrada y pasa sobre un vertedero al canal de salida. La capacidad de los tanques es aproximadamente de 21.575 $m.^3$ y el período medio de retención de cinco horas.

La práctica ha demostrado que la estabilidad relativa y el contenido de nitratos de las aguas que salen de los tanques de sedimentación final son inferiores a los de las aguas que entran a ellos, y que la remoción de materias en suspensión no es muy elevada.

Aguas abajo de los tanques de sedimentación final se dispone de una caída de 5.49 m. que se ha utilizado para accionar dos turbo-generadores, que suministran la energía necesaria en la Estación, para mover las bombas, los tamices, las válvulas de mariposa, etc.

Todas las aguas que llegan a la Estación sufren el tratamiento completo, pues no hay vertederos u otras canalizaciones que permitan verterlas directamente al río Black sin tratamiento o parcialmente tratadas.

Baltimore fué la primera ciudad de los Estados Unidos de Norte América que puso en práctica en gran escala la digestión de los barros en tanques separados de los tanques de sedimentación. Durante mucho tiempo ese procedimiento dió resultados poco satisfactorios, apesar de la excesiva capacidad de los tanques (255 litros por habitante) debido a que los barros que se trataban salían parcialmente descompuestos de los tanques de sedimentación y no se mantenía la proporción conveniente entre ellos y los barros digeridos, para anular los efectos de la descomposición ácida de aquellos, ni se controlaba la reacción durante la digestión; con el agregado de que por tratarse de tanques descubiertos, no era posible mantener su contenido durante los meses fríos a una temperatura conveniente. Actualmente esas dificultades han sido vencidas y los barros salen perfectamente digeridos, habiéndose eliminado además los malos olores, que antes eran frecuentes.

Hay 20 tanques de digestión: 4 de planta rectangular y 16 de planta circular.

Tres de los tanques rectangulares están adosados a los tanques de sedimentación simple. Cada uno de ellos tiene 42.16 m. de largo por 30.94 m.

de ancho y una profundidad que varía de 4.12 a 4.72 m. El fondo de cada tanque tiene caídas hacia tres canaletas de drenaje longitudinales, con pendientes del 10 °/₀. Esas canaletas tienen a su vez una pendiente de 2 °/₀ hacia un canal ovoide, en el que descargan. Dicho canal tiene una pendiente de 6.5 °/₀ hacia el centro de uno de los muros de cabecera de los tres tanques, donde está el pozo de succión de las bombas que elevan los barros digeridos a los lechos de escurrimiento.

Los barros frescos provenientes de los tanques de sedimentación, se descargan por la parte superior.

El cuarto tanque rectangular tiene 45.70 m. de largo por 26.20 m. de ancho, una profundidad de 4.95 m. en los lados y 6.50 m. en el centro. Los barros digeridos se retiran por gravedad.

Los tanques circulares tienen 11.58 m. de diámetro interior. El muro perimetral es vertical en una altura de 4.57 m., continuándose hacia abajo en un tronco de cono de 2.90 m. de profundidad. La parte superior de estos tanques, en una altura de 3.60 m., se levanta sobre el nivel del terreno natural y no tiene ningún revestimiento que la proteja contra los cambios de temperatura.

Los barros frescos son elevados a estos tanques por medio de una tubería de 0.30 m. de diámetro, de la que parten ramales de 0.20 m. de diámetro. Estos ramales penetran a la altura del acordamiento de la parte cónica con la cilíndrica y luego doblan hacia arriba, para descargar en el centro de los tanques a 2.44 m. debajo de la superficie. Los barros digeridos son descargados por gravedad, por medio de un caño de 0.20 m. de diámetro, que arranca de una altura de 0.60 m. del fondo y descarga en un canal abierto de 30 por 45 cm., que alimenta los lechos de escurrimiento.

Según los datos recogidos, la capacidad de los tanques de digestión actualmente disponible es de unos 105 litros por habitante, pero se desea aumentarla hasta unos 190 litros por habitante, pues la gran humedad de los barros exige esa capacidad unitaria elevada.

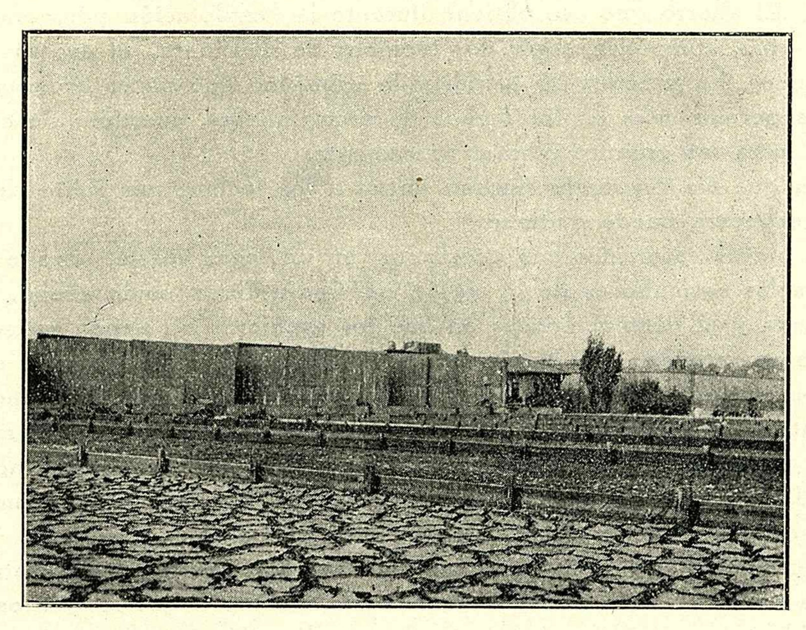
En Baltimore se han realizado experiencias para verificar en gran escala las ventajas de sembrar los barros frescos a su entrada a los tanques de digestión y los beneficios de mantener la reacción del contenido de esos tanques con un pH comprendido entre 7.3 y 7.6. Los resultados demostraron que en los tanques descubiertos y construídos parcialmente en elevación, sin dispositivos de calefacción, la digestión duraba 850 días si no se hacía la siembra y no se controlaba la reacción, mientras que en caso contrario, solo se requerían unos 40 o 45 días. En el primer caso los barros contenían un porcentaje menor de cenizas, indicio de una menos perfecta digestión, y el pH no llegaba a 7.0. Para corregir la reacción de los barros se agregó cal, en proporciones medias variables entre 3 y 5,5 kgs. de cal por metro cúbico de barros (semi - frescos) introducido en los tanques.

Las experiencias demostraron que los barros digeridos en un tanque de digestión separada son similares a los digeridos en un tanque Imhoff, pero que como tienen un mayor contenido de agua, exigen, a igualdad de volumen de materia sólida, una mayor capacidad en los tanques. Los barros al entrar

a los tanques de digestión separada tienen en Baltimore, más de 93 °/₀ de humedad y al ser retirados 91.8 °/₀. Si se tiene en cuenta que los barros digeridos en los tanques Imhoff generalmente no tienen una humedad superior a 88 °/₀, se deduce que aquellos barros exigirán para secar un 50 °/₀ más de superficie en los lechos de escurrimiento. (1)

Los lechos de escurrimiento de la Estación de depuración de Baltimore ocupan una superficie de unas 5 hectáreas, divididas en 142 lechos (14.5 personas por metro cuadrado). Son lechos a cielo abierto, Fig. 174.

Cada lecho consta de un drenaje constituído por caños de grés de 10 cm. de diámetro, unidos a junta seca, que se apoyan en el terreno natural, preparado convenientemente. Los drenes están colocados a unos 6.00 m. de eje a eje, tienen una pendiente de 1 °/₀ y descargan en una canalización que conduce los líquidos drenados al pozo de succión de unas bombas, que los ele-



(FIG. 174)

Ciudad de Baltimore. — Vista de los tanques de digestión separada y de los lechos de escurrimiento de la estación de depuración

van hasta la canalización que recoge el efluente de los tanques de sedimentación. Sobre los drenes hay colocada una capa de 10 a 18 cm. de espesor de gravilla de 25 a 63.5 mm.; sobre esta capa otra de 5 cm. de espesor de gravilla de 9 a 25 mm.; sobre esta capa otra de 5 cm. de espesor de gravilla de 3 a 9 mm. y sobre esta capa otra de arena de 10 cm. de espesor. Los lechos

(1) Siendo el contenido de materia sólida seca en los barros comparados, de 8.2 °/₀ y 12 °/₀ respectivamente, los volúmenes a extender sobre los lechos estarán en la relación de 12.20 a 8.34, a igualdad de volumen de materia sólida tratada.

están divididos por tabiques de madera de pino o de hormigón. Los barros se vierten sobre losetas de hormigón y una vez escurridos se retiran con vagonetas.

La experiencia ha demostrado que en los lechos de más de 40 m. de largo las zonas próximas al lado opuesto al de la entrada de los barros, no reciben durante una carga de barros las cantidades proporcionales a sus áreas, debido a que la superficie del lecho opone resistencia al desplazamiento de los barros. En lechos de 45 m. de largo se observó que si la capa tenía 30 cm. de espesor a la entrada, en el lado opuesto tenía solamente 20 cm. La experiencia demostró también la conveniencia de no pasar de 6.00 m. en el ancho de los lechos, cuando para el retiro de los barros se usen vagonetas de 1.20 m. de ancho que se desplacen en rieles colocados en el centro, pues durante las operaciones quedarán a los lados dos fajas de 2.40 m. de ancho, distancia que no conviene sobrepasar para facilitar el apaleo de los barros escurridos. El ahorro que se obtiene durante la explotación por concepto de mano de obra, compensa, según los técnicos de Baltimore, el exceso de costo de los lechos. La práctica ha demostrado asimismo que no es económico colocar rieles permanentes en los lechos de escurrimiento, cuestión de cierta importancia para las grandes plantas unicamente.

Para que las vagonetas puedan entrar a los lechos, una parte de los muretes de cabecera puede quitarse.

Los barros escurridos son acopiados en un lugar aparte, donde vienen a recogerlos los agricultores de la región, que los utilizan como abono. Durante la primavera y el verano, épocas en que los granjeros no tienen interés en los barros, se amontonan. El Municipio de Baltimore ha invertido más de 40.000 dólares en la construcción de caminos dentro de la planta para facilitar el movimiento de los vehículos y la instalación de una grúa para cargarlos rápidamente, pues los agricultores se negaban a retirar los barros, alegando que la pérdida de tiempo en las maniobras de entrada y salida y carga no estaba compensada por el valor de los barros como fertilizante.

En promedio, los lechos de escurrimiento han admitido de cuatro a cinco cargas anuales. Se atribuye este reducido número a que los barros no han sido vertidos siempre después de una buena digestión, y más que nada, a que tratándose de una planta muy grande, no siempre se han podido retirar los barros tan pronto como estaban en condiciones de ser apaleados, habiendo permanecido sobre los lechos más de lo necesario.

Los barros al entrar a los lechos tienen, en término medio, un 90 °/₀ de humedad y al ser retirados 68 °/₀.

Durante los años 1921, 1924 y 1925 se realizaron en la Estación de depuración de Baltimore experiencias para la reducción de la humedad de los barros por centrifugación. Los resultados económicos no fueron lo suficientemente satisfactorios como para aconsejar la adopción de ese procedimiento en sustitución de los lechos de escurrimiento, apesar de las ventajas que en principio ofrece la centrifugación, por requerir menos espacio, permitir el tratamiento de los barros con prescindencia de las condiciones atmosféricas, eliminar los olores, producir barros escurridos que no contienen arena, que disminuye su valor como fertilizante, etc.

Un laboratorio perfectamente montado, completa las instalaciones de la Estación de depuración de Baltimore, una de las más grandes existentes en los Estados Unidos de Norte América y de mayor interés por el tipo de sus instalaciones.

Cuando el informante visitó esa Estación se estaban construyendo un nuevo tanque de sedimentación y nuevos tanques de digestión cubiertos, con instalaciones de calefacción.

Estación de depuración de Plainfield, New Jersey

El informante tuvo ocasión de visitar esta Estación de depuración, muy conocida en los Estados Unidos por haber sido una de las primeras en que se construyeron tanques del sistema Imhoff, y por haberse realizado en ella en los últimos años, bajo la dirección del Dr. Willem Rudolfs, (1) importantes investigaciones.

Las aguas que se tratan en Plainfield provienen de los municipios de North Plainfield y Dunellen y son de origen esencialmente doméstico. El caudal medio diario tratado es de unos 12.500 m.^{3} y la población tributaria de 50.000 habitantes.

Al entrar a la Estación las aguas atraviesan unas cámaras desarenadoras, un tamiz rotativo sistema Riensch - Wurl, Fig. 175, y después de sufrir una sedimentación preliminar son tratadas en lechos percoladores.

La cámara desarenadora es de tipo corriente. La velocidad media del líquido en ella es de 30 cm. por segundo.

Las aberturas o perforaciones de la plancha metálica que constituye la superficie cónica y plana del tamiz, tiene 1.5 mm. de ancho por 50 mm. de largo y la separación lateral entre dos aberturas inmediatas es de 1.5 mm. Los resíduos que se retiran diariamente se destruyen extendiéndolos en capas de 5 a 10 cm. de espesor, sobre terrenos apropiados que se aran posteriormente La experiencia ha demostrado que sobre una misma área pueden hacerse dos descargas por año, arando bien después de cada aplicación.

El tamiz Riensch - Wurl, usado en Plainfield, fué construído por la Shevlin Eng. C.° de Nueva York. Está accionado por un motor eléctrico de 3 ÷ 4 H. P. Ha resultado muy eficaz y ha permitido reducir notablemente la capa de cuerpos flotantes en los tanques de sedimentación.

Apesar de haber sido proyectados por uno de los ingenieros más competentes del país y haber sido conducidos por un técnico de gran preparación, los tanques Imhoff de Plainfield no dieron resultados satisfactorios, razón por la cual han sido transformados ultimamente en tanques de sedimentación simple.

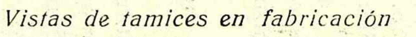
Originariamente cada uno de los seis tanques construídos tenía 19.50 m. de largo por 7.60 m. de ancho. La cámara de digestión de cada uno estaba

---

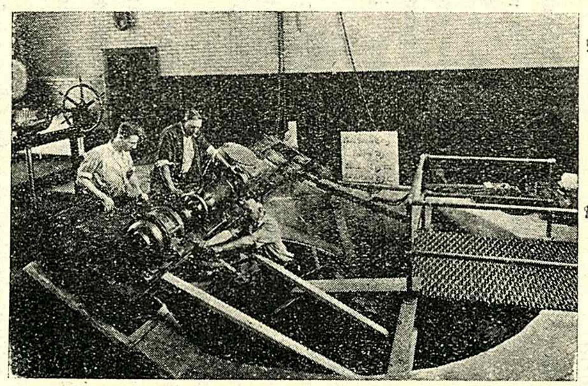
(1) El Dr. Rudolfs es el Jefe del Departamento de investigaciones sobre aguas residuales de la Estación Experimental de Agricultura del Estado de New Jersey y autoridad de reputación universal en problemas sanitarios.

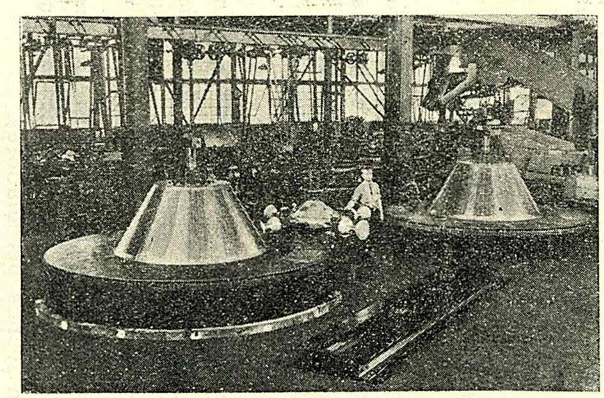
Tamices rotativos Riensch - Wurl del tipo instalado en la estación de depuración de Plainfield, New Jersey

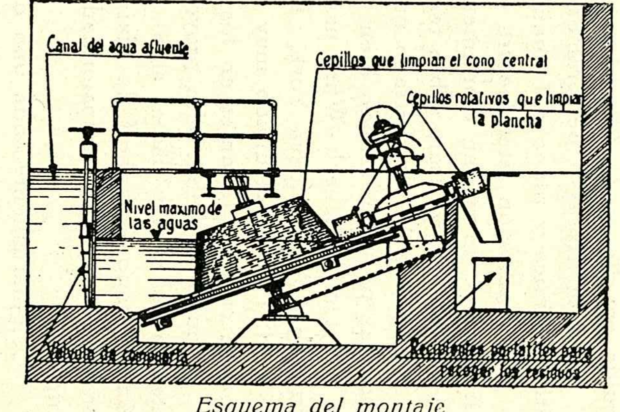
Fig. 175



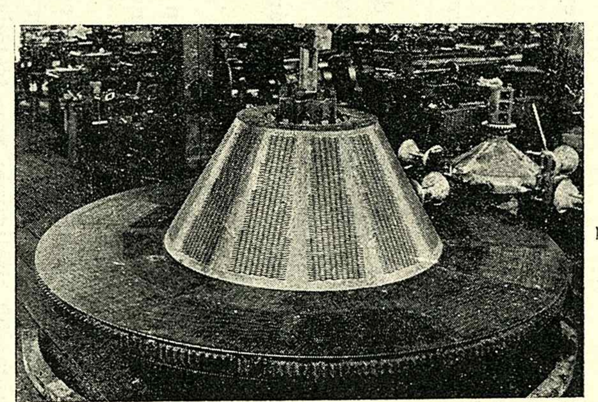
Vistas de tamices en fabricación







Esquema del montaje



Vista del montaje de un tamiz

dividida en cinco pozos, comunicados entre sí por una abertura de 50 por 60 cm. La profundidad máxima de cada tanque, referida al nivel del líquido en los canales de sedimentación, era de 6.00 m. La profundidad de estos canales era de 3.35 m. El período medio de sedimentación previsto era de 3 horas y la capacidad de la cámara de digestión, medida desde el nivel de las ranuras, era de 33 litros por persona servida. La población considerada al hacer el proyecto fué de 40.000 habitantes y el caudal medio a tratar por día de 15.000 m.³.

Los principales inconvenientes notados durante el funcionamiento de los tanques fueron la formación de espumas, la mala digestión de los barros y la producción de olores. Las espumas llegaban a impulsar las materias de las cámaras de digestión a los canales de sedimentación, las que al pasar con el efluente a los lechos percoladores, obstruían las boquillas o pulverizadores.

El mal funcionamiento de los tanques de Plainfield ha sido atribuído principalmente a la insuficiencia de capacidad de las cámaras de digestión, a la poca profundidad de las mismas, a la insuficiente comunicación entre los pozos de una misma cámara y a la composición de las aguas tratadas.

Las cámaras de digestión fueron calculadas de acuerdo con las normas alemanas que prevalecían en los años 1913 - 14, época en que se confeccionó el proyecto de los tanques, suponiéndose un contenido de agua en los barros de 85 °/₀, pero en la práctica este contenido se elevó al 94 °/₀ traduciéndose, en consecuencia, el aumento de volumen de los barros en una reducción importante del período de digestión. (1)

Es posible que la poca profundidad de las cámaras de digestión haya contribuído a empeorar los resultados, pero si las cámaras hubieran tenido la capacidad debida, tal vez esa profundidad no hubiera ocasionado dificultades, pues en los Estados Unidos se han construído tanques poco profundos que trabajan perfectamente.

La reducida área de las aberturas practicadas en los tabiques de cada cámara de digestión impedía la distribución uniforme de los barros en ellas, cosa que es imprescindible asegurar en un tanque Imhoff para que funcione regularmente.

Las aguas de Plainfield tenían cuando funcionaban los tanques Imhoff un contenido elevado de jabón y grasas, cuyos efectos perjudiciales debieron contribuir sensiblemente en los malos resultados obtenidos. Como la recolección de basuras no se realizaba con eficiencia y regularidad en los municipios servidos por el alcantarillado tributario, la población vertía en los aparatos sanitarios de las viviendas (piletas, inodoros, etc.) además de las aguas servidas propiamente dichas, restos de comidas, sustancias vegetales y grasas, que hacían permanente la digestión ácida en las cámaras de digestión y el desarrollo de anhidrido carbónico, cuya ulterior consecuencia eran las espumas observadas.

Conviene destacar además que las aguas han llegado siempre a la Esta-

---

(1) Recuérdese que a igualdad de contenido de materia sólida, los volúmenes de los barros con 85 °/₀ y 94 °/₀ de humedad estarán en la relación de 6.66 a 16.66.

ción bastante alteradas, debido al largo recorrido que deben hacer en el emisario y a los depósitos que se producen en los colectores por insuficiencia de pendiente. Indudablemente, esa ha sido otra condición local que ha contribuido al poco éxito de los tanques Imhoff.

Parece hasta innecesario decir que antes de resolverse la modificación de dichos tanques, se pusieron en práctica todos los medios que la técnica aconseja para reducir las espumas: siembra de barros, ajuste de la reacción de estos por medio de cal, etc., pero los resultados fueron, en general, negativos.

Actualmente las aguas que llegan a la Estación de depuración de Plainfield sufren una sedimentación simple en los tanques Imhoff, transformados con ese objeto, pasando enseguida a los lechos percoladores, mientras los barros son digeridos en tres tanques de digestión separada.

En los tanques de sedimentación se recoge hasta el 60 °/₀ de las materias sedimentables que traen las aguas, porcentaje que en estado de barros frescos es enviado a los tanques de digestión, por medio de una bomba de diafragma que funciona una vez por día. Dichos barros tienen un contenido de 94 a 95 °/₀ de agua. El período de sedimentación es de 40 minutos.

Las aguas después de sufrir la sedimentación preliminar pasan a la cámara de dosificación o de regulación de los lechos percoladores, constituida por dos recintos gemelos de 28.4 $m.^3$ de capacidad, cada uno, munidos de sifones de descarga automática, tipo Miller.

La carga disponible sobre los pulverizadores es de 1.97 m.

Los lechos percoladores cubren una superficie de 7.200 $m.^2$ y están constituidos por una capa de 1.80 m. de espesor de piedra partida en trozos de 38 a 50 mm, que se apoya sobre una losa de hormigón de 15 cm. de espesor y los drenes constituídos por medio de caños de grés.

Los coladores están emplazados en forma similar a la descripta al hablar de los lechos percoladores de Baltimore. Están emplazados en trebolillo, siendo la distancia entre ellos de 3.65 m.

El volumen medio diario de aguas tratado equivale a 17.400 $m.^3$ por hectárea, o sea a unos 965 litros por metro cúbico de lecho.

El efluente de los lechos percoladores no sufre ningún tratamiento posterior.

Para destruir las larvas de las moscas de los lechos percoladores, se hacen riegos con kerosene alrededor de los muros perimetrales (principalmente en las partes que no son irrigadas) o se inundan los lechos con aguas provenientes de los tanques de sedimentación.

Cada tanque de digestión de Plainfield está complementado con una cubierta flotante de madera, de un tipo patentado por el Jefe de la Estación, Ing.° J. R. Downes, que permite la captación de los gases, y con un sistema de calefacción constituído por un tubo que describe una espiral alrededor de la pared lateral, en el tercio central de su altura, dentro de una zona o faja de 90 cm. de alto.

Los tanques fueron calculados con una capacidad unitaria de 35 litros por habitante servido. Manteniendo los barros a una temperatura de 21.°C se ha logrado reducir el período de digestión a 40 días.

Ordinariamente la temperatura del agua de calefacción es a la salida de la caldera de unos 52° C y de 21° C a la salida de los tanques. Estos han sido construídos sobre el terreno natural y protegidos parcialmente con terraplenes.

Diariamente se extrae de cada tanque una capa de 18 a 20 cm. de espesor de barros digeridos o del líquido que sobrenada, y se echa una capa de igual espesor de barros frescos.

La reacción del barro y el líquido que sobrenada en los tanques ha sido mantenida aproximadamente constante, por medio de la cal hidratada, oscilando el valor del pH entre 7.3 y 7.4. La adición de cal hidratada se ha hecho con intermitencias, cuando los ensayos del barro y el líquido ponían de manifiesto una reducción en el valor del pH. Las dosis medias de cal hidratada han sido de 1.2 kgs. por metro cúbico de barro tratado, cuando los tanques han funcionado normalmente, pero durante el primer año de funcionamiento, en los dos primeros tanques, cuya capacidad no era suficiente para cubrir las necesidades, se llegó a usar una dósis media de 3.7 kgs. de cal por metro cúbico de barro tratado, con picos de hasta 7.8 kgs. por metro cúbico.

Los barros frescos al entrar a los tanques de digestión tienen en Plainfield una humedad del 95 °/₀, en término medio, y los barros digeridos una humedad del 92.75 °/₀. El contenido de cenizas en la materia sólida de los barros frescos es de 20 a 25 °/₀ y en la de los barros digeridos es de 45 a 47.5 °/₀.

La práctica ha demostrado que las cubiertas flotantes permiten reducir notablemente los olores de los tanques de digestión, porque mantienen contínuamente sumergida la capa de sólidos que flota en la superficie del líquido. Alrededor de los tanques de Plainfield el informante solo pudo percibir el olor característico del gas que escapaba por las grietas de las cubiertas, originadas por el alabeo de las tablas. En las cubiertas metálicas del tipo indicado en la Fig. 176, esa deficiencia ha sido anulada. Las chapas de acero que constituyen las superficies interiores de las campanas o cubiertas no son atacadas por los líquidos o gases, pues se cubren con una película de grasas que tiene propiedades protectoras. La experiencia ha demostrado también que con las cubiertas flotantes no se forman espumas. La posibilidad de explosiones queda excluida con esas cubiertas.

Las campanas de captación de las cubiertas Downes no tienen rejillas o filtros para retener las impurezas del gas.

Los barros digeridos son extendidos sobre lechos de escurrimiento descubiertos, constituídos por tres capas de piedra partida de las siguientes características:

Capa inferior: espesor variable de 7.5 cm. a 25 cm., piedras de 50 a 25 mm.

Capa intermedia: espesor uniforme de 13 cm., piedras de 25 a 6 mm.

Capa superior: espesor uniforme de 5 cm., piedras de 6 a 15 mm.

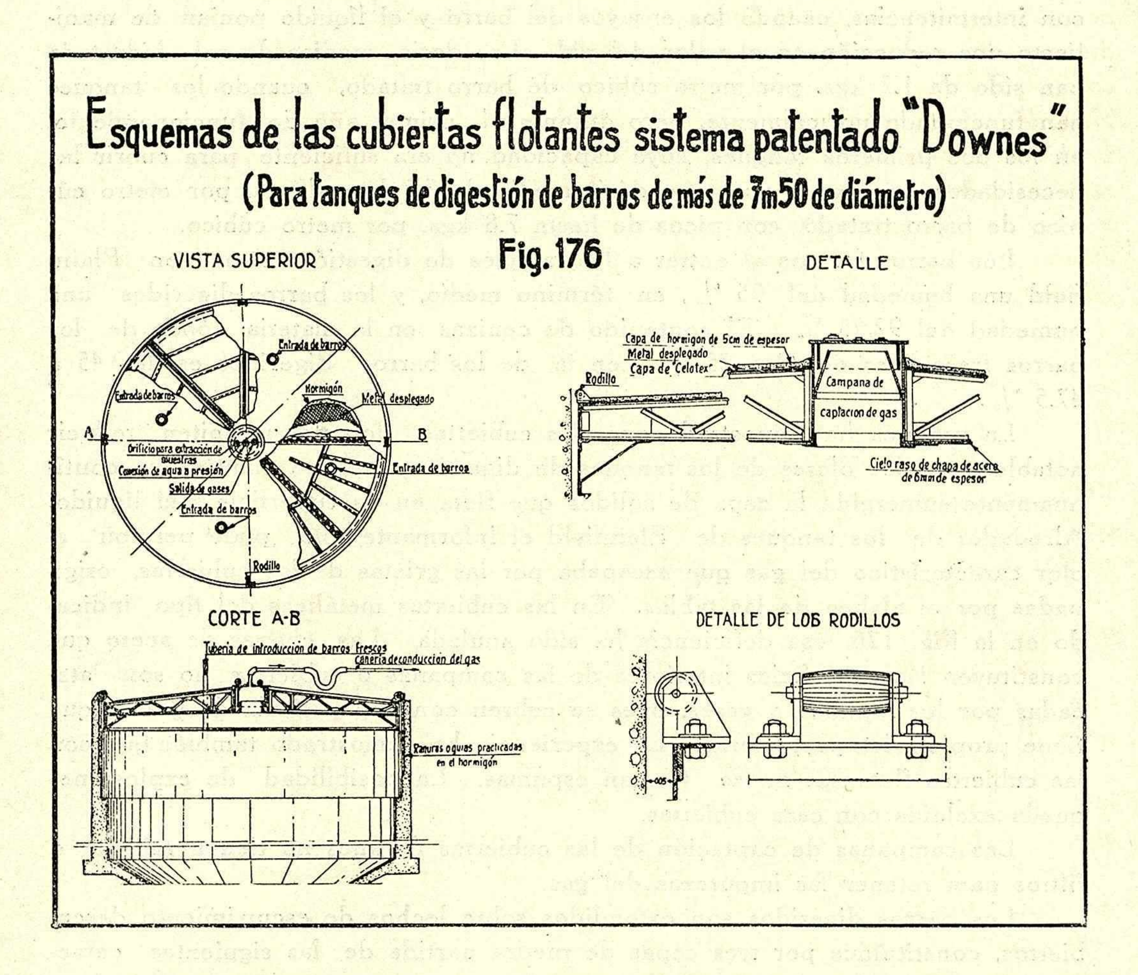
La capa inferior se apoya sobre el terreno natural, preparado especialmente para facilitar el drenaje de las aguas escurridàs. Los caños de drenaje tienen 75 mm. de diámetro. Sobre la capa superior de piedra va colocada

una de arena terciada de 6 a 10 mm. de espesor, que se renueva periódicamente.

Los lechos de escurrimiento tienen un área de 0.15 m.^{2} por persona servida, o sea, 1 m.^{2} por cada 6.7 personas.

Los barros que se retiran de los lechos de escurrimiento tienen de 50 a 70 °/₀ de humedad, según la época del año. Se ceden gratuitamente a los agricultores de la región, que los usan como abono.

En Plainfield se han realizado estudios minuciosos sobre el origen, la forma de propagación y la manera de reducir los olores producidos en las instalaciones de depuración, habiéndose llegado a las siguientes conclusiones



principales: a) que el hidrógeno sulfurado es la principal causa de los olores, pudiéndose afirmar que cuanto mayor sea su contenido en las aguas tratadas mayores serán las posibilidades de que se produzcan los olores durante el tratamiento; b) que el estado atmosférico influye notablemente en la propagación de los olores y que con temperaturas inferiores a 15.5° C la propagación se reduce notablemente, siendo por consiguiente en verano cuando la molestia de los olores puede hacerse sentir con mayor intensidad; c) que las brisas suaves y frescas de las primeras horas de la noche son las que lle-

van los olores a mayor distancia y en olas de mayor concentración; d) que la cloración de las aguas servidas después de su paso por las rejas y antes de su pasaje por los tanques de sedimentación (pre-cloración) en dosis capaces de reducir a cero el hidrógeno sulfurado, es el tratamiento más eficaz para combatir los olores; e) que con dosis menores, pero siempre que la cantidad de hidrógeno sulfurado remanente no exceda de 0.5 p. p. m., puede obtenerse una reducción sensible de los olores; f) que no es necesaria la aplicación contínua del cloro; g) que las dósis de cloro y el período de aplicación dependen de las condiciones especiales de cada estación de depuración.

En Plainfield se cloran en verano, a la entrada de la estación, las aguas que llegan entre las 3 de la tarde y las 10 de la noche. La experiencia ha demostrado que las aguas que llegan entre esas horas son las recogidas en los colectores entre las 9 de la mañana y las 4 de la tarde y las que podrían originar los olores más penetrantes. Tratándolas con una dósis media de 15 p. p. m., los olores se han reducido hasta la fecha notablemente, siendo innecesario el tratamiento en las horas restantes de cada día. La pre-cloración ha favorecido indirectamente el funcionamiento de los lechos percoladores, reduciendo el contenido bacteriano de las aguas y su demanda de oxígeno bio-químico.

Instalaciones de depuración de aguas residuales de la ciudad de Trenton

La ciudad de Trenton tiene 130.000 habitantes y una red de alcantarillado del sistema separativo, en su mayor extensión. Desde mediados del año 1925 cuenta con una Estación de depuración, proyectada sobre la base de una población futura de 150.000 habitantes, un caudal diario medio en tiempo seco de unos 95.000 m.^{3} y un caudal máximo en tiempo de lluvia un 50 °/₀ mayor, o sea 142.500 m.^{3}; las aguas pluviales provienen de la parte de la ciudad que tiene alcantarillado del sistema unitario.

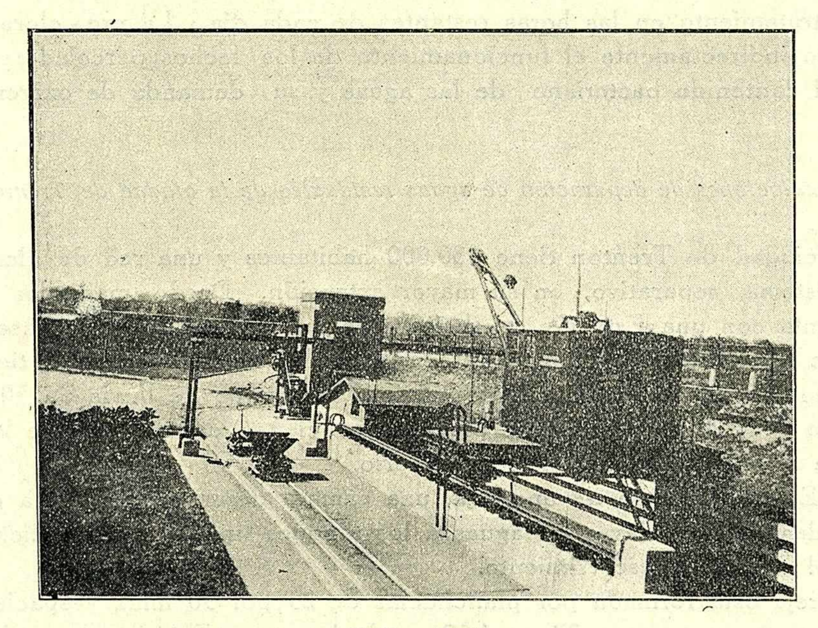
La Estación consta de una reja, una cámara desarenadora, una casa de bombas destinada a elevar las aguas a los tanques Imhoff, 12 de dichos tanques y 24 lechos de escurrimiento.

La reja está formada por planchuelas de 25 por 50 mm., espaciadas 50 mm., de centro a centro. Tiene 4.57 m. de largo por 2.44 m. de ancho y hace con la horizontal un ángulo de 23°, aproximadamente.

La cámara desarenadora tiene dos compartimentos de sección trapezoidal, cada una de 18.30 m. de largo por 2.60 m. de ancho arriba y 1.50 m. abajo, con una profundidad máxima de 1.50 m. Por medio de las bombas que elevan las aguas a los tanques Imhoff es posible mantener en esa cámara la velocidad media de 0.30 m. por segundo. Las materias retenidas en la cámara desarenadora son removidas por una grúa con balde en forma de concha de almeja, accionada eléctricamente, que puede desplazarse longitudinalmente en toda la longitud de la cámara, sobre rieles colocados fuera de los muros de hormigón, Fig. 177. La cámara desarenadora está rodeada por un sendero de hormigón donde se acumulan los resíduos que se extraen de la reja y de la cámara hasta que son cargados sobre las vagonetas volcadoras, que los conducen a los lugares donde se utilizan como material de relleno.

El efluente de la cámara desarenadora pasa al pozo de succión de las bombas destinadas a elevarlo hasta los tanques Imhoff. El pozo de succión tiene un volúmen total equivalente al caudal que pueden elevar las bombas en 4 minutos. Para evitar deposiciones perjudiciales, las bombas aspiran el agua en una pequeña cámara situada en el fondo del pozo, que tiene pendiente hacia ella.

Al seleccionarse la maquinaria de la casa de bombas se tuvo en cuenta la necesidad de que ellas fueran capaces de marchar sin oscilaciones o irregularidades pronunciadas y que pudieran pasar automáticamente, sin fluctuaciones bruscas, del mínimo caudal al máximo posible, para no entorpecer el funcionamiento de los tanques Imhoff; habiéndose optado por instalar tres bombas centrífugas de velocidad constante, cuyos rendimientos permiten equilibrar las fluctuaciones de los caudales. Las bombas son de ejes verticales. Los rotores de las bombas se limpian haciéndolos girar en sentido contrario, para lo que se corta la corriente de los motores dejando que el agua impulsada



(FIG. 177)

Ciudad de Trenton. — Vista de la cámara desarenadora de la estación de depuración

por las otras bombas penetre en sentido inverso al del funcionamiento normal. Esa operación dura cinco minutos y se repite 3 o 4 veces por día, habiendo resultado de gran eficacia.

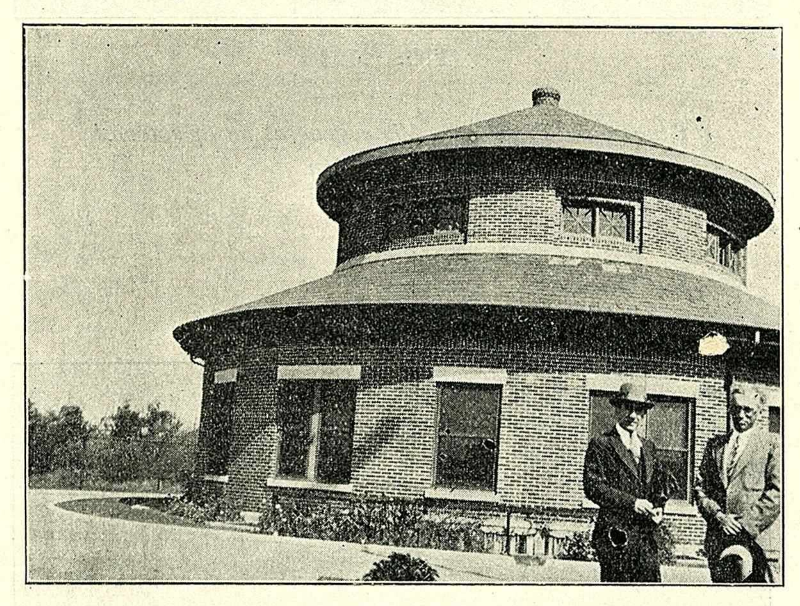
La maquinaria y sus accesorios es de lo más perfeccionado que se produce en la actualidad, constituyendo la casa de bombas de esta Estación un modelo en su género.

Hay doce tanques Imhoff de planta rectangular, de 10.06 m. de ancho por 34.75 m. de largo y 9.45 m. de profundidad máxima.

Las aguas son elevadas por las bombas hasta un sistema de canales alimentadores, de los que por medio de compuertas se les hace pasar a los tanques en la forma conveniente. Los canales de sedimentación de cada tanque tienen 34.75 m. de largo por 3.58 m. de ancho. El período de sedimentación para el caudal medio diario actual de 68.000 $m.^3$ es de 3 horas 24 minutos. El período de sedimentación para el caudal medio previsto en los cálculos de las instalaciones (95.000 $m.^3$) es de 2 horas 25 minutos y el período de sedimentación para el caudal máximo previsto de 142.500 $m.^3$ es de 1 hora 36 minutos.

La superficie de la boca de salida de gases de cada tanque tiene 2.59 por 26.52 m., o sea, 68.75 $m.^2$ y como la superficie total de cada tanque es de 349.59 $m.^2$, resulta aquella superficie, aproximadamente, el 19.8 °/₀ de la segunda.

La cámara de digestión de barros de cada tanque está formada por cua-



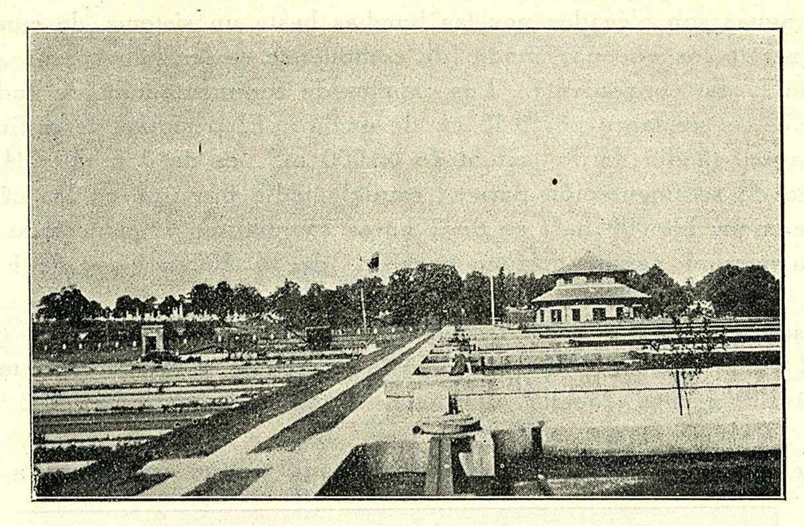
(FIG. 178)

Ciudad de Trenton. — Vista exterior de la casa de bombas de la estación de depuración

tro prismas de 6.10 por 7.32 por 2.82 m., terminados por otras tantas pirámides de 6.10 por 7.32 por 1.83 m. De acuerdo con la población actual de 130 000 habitantes, la capacidad de la cámara de barros es de unos 56 litros por habitante. Para la población futura supuesta de 150.000 habitantes, la capacidad será de unos 49 litros, aproximadamente. Los cuatro pozos de cada cámara de digestión se comunican por aberturas de 4.88 por 0.90 m.

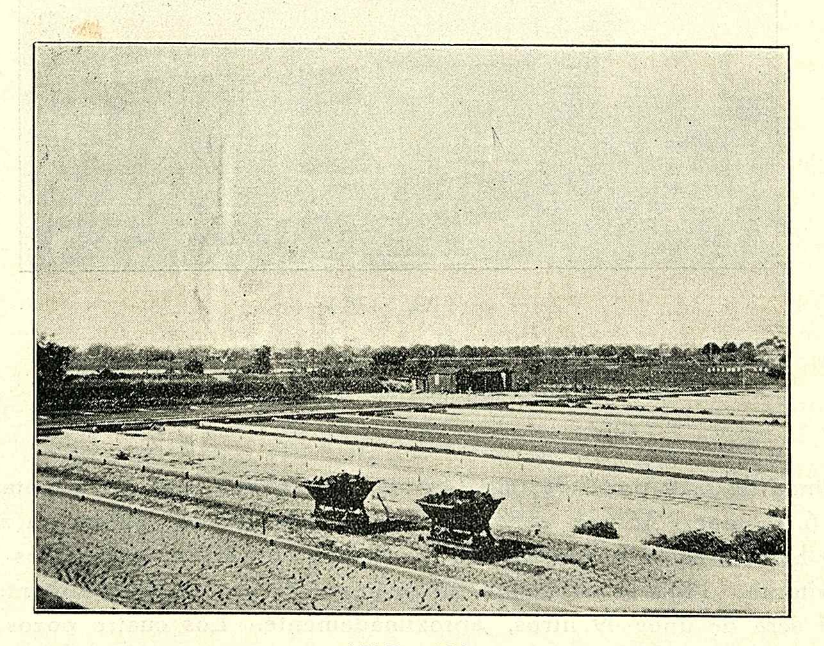
La parte superior de las cámaras de digestión comprendida entre el nivel del agua en los tanques y el nivel de las ranuras, ocupada parcialmente durante el funcionamiento por la crosta o capa de materias en suspensión, (1)

(1) Chimenea de gases.



(FIG. 179)

Ciudad de Trenton. — Vista general de la estación de depuración



(FIG. 180)

Ciudad de Trenton. — Vista de los lechos de escurrimiento de la estación de depuración

está formada por una parte prismática y otra tronco-piramidal, cuya capacidad por habitante, teniendo en cuenta la población de 130.000 personas, resulta ser de 39 litros y considerando la población de futuro (150.000 habitantes) una capacidad de 33 litros.

Hay 24 lechos de escurrimiento de 54.86 m. de largo por 6.10 m. de ancho cada uno. Considerando la población de 130.000 habitantes se tiene una superficie aproximada de 0.06 $m.^2$ por habitante y considerando una población de 150.000 habitantes se tendrá en el futuro un área aproximada de 0.05 $m.^2$ por habitante. En uno y otro caso corresponderán a cada metro cuadrado de lecho, 16 y 18.4 habitantes, respectivamente.

Los drenes de cada lecho están distanciados de 3.96 m. y están colocados en canaletas construídas en la losa de hormigón que constituye el fondo y recubiertos de gravilla. El material filtrante consiste en tres capas de gravilla graduada desde un máximo de 64 mm. hasta un mínimo de 1.6 mm. Una capa de 5 cm. de arena mediana cubre la capa superior de gravilla. El espesor mínimo de los lechos es de 0.25 m. y el máximo de 0.36 m.

Los barros son extraídos de los tanques Imhoff por gravedad, por medio de caños de fundición de 20 cm. de diámetro, siendo la carga máxima disponible de 1.45 m. Los tubos de fundición descargan en unos canales longitudinales colocados entre dos tanques inmediatos y de allí pasan por tubos de fundición a los lechos. Los barros caen en los lechos sobre losas de hormigón y luego se distribuyen por su propio peso sobre la superficie de los mismos. En los canales de descarga de barros se vierten las espumas y los cuerpos flotantes que no pueden hundirse en las bocas de las chimeneas de gases que coronan las cámaras de digestión.

Instalaciones de depuración de aguas residuales de Red Bank

La población llamada Red Bank situada en el Estado de New Jersey, sobre la margen del río Navesink, aunque es el centro comercial de una zona bastante extensa y tiene algunas fábricas, puede ser considerada como una población de carácter esencialmente residencial, muy semejante al de nuestras poblaciones del interior de la República. Su población alcanza a 14.000 habitantes.

El alcantarillado es del sistema separativo.

Al proyectarse las instalaciones de depuración de las aguas residuales se supuso una población de 16.000 habitantes, que de acuerdo con las estadísticas será alcanzada en 1937, y un caudal máximo diario de 6.100 $m.^3$, o sea unos 380 litros por habitante y día.

El lugar en que se ubicó la Estación está rodeado de viviendas importantes, pero cualquier otro habría exigido la construcción de una casa de bombas y la de una tubería de impulsión, solución que fué descartada por razones de economía y para evitar los inconvenientes que durante la explotación de los servicios ofrece toda estación de bombeo de aguas residuales. La circuns-

tancia mencionada obligó a optar por un tipo de instalaciones capaz de no dar motivo a quejas ni protestas del vecindario.

La planta consta de una reja con dispositivo para la limpieza mecánica, una cámara desarenadora, dos tanques de sedimentación, una instalación para la cloración del efluente de esos tanques, un tanque de digestión de barros y un lecho de escurrimiento, Fig. 181.

La reja, la cámara desarenadora, los tanques de sedimentación, las instalaciones de cloración y el tanque de digestión se han emplazado dentro de locales con muros de ladrillos vistos y techos de tejas vidriadas, de muy agradable aspecto y que armonizan con la edificación circundante. Los lechos de escurrimiento están dentro de una construcción de hierro y vidrio, similar a las empleadas en los invernáculos de los establecimientos forestales.

La reja, que es de uno de los tipos más modernos de la casa Dorr C.°, está colocada en un canal de 0.90 m. de profundidad. Tiene 0.90 m. de ancho y barras con una separación de 25 mm. Ha sido prevista para tratar las aguas de una población de 24.000 habitantes, que es la máxima que podrán servir las futuras ampliaciones posibles en el reducido terreno de que se dispone actualmente.

La cámara desarenadora tiene tres compartimentos o secciones con dimensiones tales, que la velocidad de discurrimiento es de 30 centímetros por segundo.

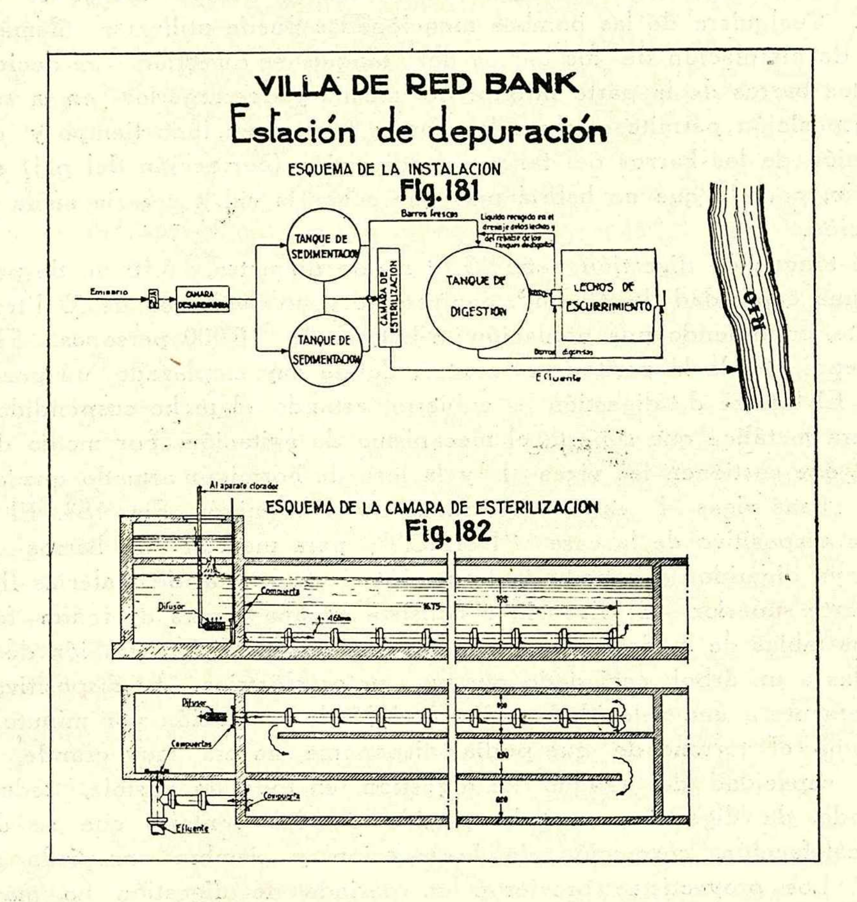
Los tanques de sedimentación son circulares y abiertos en su parte superior. Los fondos son inclinados de la periferia al centro. Cada uno de ellos está complementado con un dispositivo de la casa "Dorr C.°", destinado a remover y arrastrar las materias sedimentadas hacia un pozo recolector, de forma cónica, situado en el centro. El dispositivo se reduce a una rastra de tipo similar al que hemos visto al hablar de la Estación de depuración de Essen - Rellinghausen, accionada por un árbol, movido por motor eléctrico colocado sobre una pasarela formada por dos vigas de celosía. El rastrillo gira a una velocidad de 1/12 de revolución por minuto. El período de sedimentación es de 2 y $^1/_2$ horas, término medio.

El efluente de los tanques de sedimentación pasa a una antecámara de planta rectangular, ubicada al comienzo de la cámara donde se efectúa su mezcla íntima con el cloro gaseoso destinado a esterilizarlo. La antecámara mencionada tiene en el fondo, Fig. 182, una abertura a través de la cual pasa aquel efluente a un compartimento inferior, donde se introduce el cloro en estado gaseoso, por una serie de difusores, unidos por conexiones de caucho a los aparatos de control y regulación del esterilizante. La dósis normal de cloro es de 20 partes por millón, en peso. El efluente mezclado con el cloro sale del compartimento de inyección por medio de una cañería de grés vidriado de 46 cm. de diámetro y 16.75 m. de largo, emplazada sobre el fondo de la primera sección de la cámara de mezcla y que descarga dentro de la misma, y después de recorrer esa cámara, pasa al desagüe, atravesando antes un vertedero ubicado al final de la cámara. Un aparato automático registra los niveles que alcanza el líquido en una cámara situada 3.00 m. aguas arriba del vertedero, donde el líquido no tiene agitación. Dicha cámara de mezcla tiene

21.34 m de largo y está dividida en tres canales de 0.90 m. de ancho cada uno, siendo la profundidad de la corriente de 1.98 m La longitud total de recorrido, incluyendo el pasaje por la cañería de grés, es de 66.14 m. El período de mezcla es de 30 minutos.

Para facilitar la limpieza y conservación de la cámara de mezcla, la antecámara está unida directamente al desagüe, pudiéndose aislar la cámara de mezcla sin dejar de clorar el efluente de la Estación.

Durante los primeros meses de funcionamiento el cloro se utilizaba en cilindros de 67.5 kgs. (150 libras) pero después se ha venido utilizando en cilindros de una tonelada, muy generalizados en la actualidad en los Estados



Unidos, con los que se ha conseguido una economía de unos cuatro céntimos de dólar por kilogramo de cloro gastado. Para mover los tanques de una tonelada se colocó una viga I sobre la cual se desplaza el carro que sostiene un aparejo sin fin, con el que se pueden retirar sin esfuerzo los cilindros de las cámaras y colocarlos horizontalmente sobre la plataforma, constituída por el techo del segundo y tercer canal de la cámara de mezcla. Desde allí se hacen rodar los cilindros hasta la báscula de control de los consumos, a medida que se utilizan. Los aparatos de cloración usados son del tipo de vacío, de la firma Wallace y Tiernan, y están instalados en una repartición con instalaciones apropiadas de calefacción.

La materia que se deposita en los tanques de sedimentación es elevada en estado de barro fresco, una vez por día a los tanques de digestión, por medio de una bomba centrífuga accionada con motor eléctrico, instalada en un pozo bien seco ubicado al extremo de la cámara de mezcla del cloro. Se han previsto las canalizaciones necesarias para poder enviar los barros de los tanques de sedimentación a la cámara recolectora del líquido que se recoje en los drenes de los lechos de escurrimiento, en los casos en que dicha bomba no pueda funcionar. De la mencionada cámara recolectora, los barros serían elevados a los tanques de digestión por otra bomba auxiliar, destinada a elevar de ordinario el líquido recogido en los drenes de los lechos de escurrimiento. Cualquiera de las bombas mencionadas puede utilizarse además como bomba de circulación de los barros del tanque de digestión, es decir, para tomar los barros de la parte inferior del mismo y descargarlos en la superior. Esta disposición permite sembrar los barros frescos en todo tiempo y corregir la reacción de los barros del tanque de digestión (corrección del pH) si fuera necesario, para lo que no habría más que echar la cal necesaria en la cámara de succión.

El tanque de digestión tiene 13.70 m. de diámetro, 6.10 m. de profundidad y una capacidad de 912 m.^{3}, equivalente a un volumen de 57 litros por habitante, suponiendo una población tributaria de 16.000 personas. El fondo tiene pendiente de la periferia al centro, donde hay emplazado un pozo recolector. El tanque de digestión es cubierto, estando el techo suspendido de la estructura metálica que soporta el mecanismo de agitación, por medio de abrazaderas, que sostienen las vigas I y la losa de hormigón armado que lo constituyen. Esas vigas I están empotradas en el hormigón, Fig. 183. El tanque tiene un dispositivo de la casa "Dorr C.°" para mezclar los barros frescos con los ya digeridos e impedir la formación de la crosta de materias flotantes en la parte superior. El dispositivo consiste en una rastra de fondo formado por unas tablas de madera y en unas paletas de superficie, también de madera, unidas a un árbol accionado por un motor eléctrico. El dispositivo gira contínuamente a una velocidad media de 1/25 de revolución por minuto.

Como el terreno de que podía disponerse no era muy grande, se redujo la capacidad del tanque de digestión en todo lo posible, reduciendo el período de digestión, sacando partido de las ventajas que se derivan de la calefacción, corrección de la reacción y siembra apropiada de los barros. Los proyectistas previeron un período de digestión no mayor de 40 días, colocando al efecto dentro del tanque un irradiador de calor, formado por un tubo contínuo de hierro galvanizado de 50 mm. de diámetro, arrollado en una espiral que contornea la superficie lateral del tanque, desde una altura de 1.20 m. del fondo hasta la mitad de la altura del mismo. Ese tubo está conectado por su extremo inferior al tubo de aspiración de una bomba de circulación de agua caliente y por el extremo superior a la caldera, Fig. 184. Esta caldera es calentada con el gas proveniente de la digestión de los barros, el que antes de llegar a ella pasa a través de una trampa de condensación, donde pierde parte de la gran humedad que contiene, un contador donde se registran los volúmenes utilizados, una cámara re-

Estructura metálica que soporta el techo y el mecanismo de agitación
Motor
Descarga de sólidos flotantes
Cañería de conducción de los gases a la caldera
Cámara colectora de gases
Entrada de los barros frescos
Paletas de superficie
Radiador en espiral
De la caldera
A la caldera
Rastro de fondo
A la bomba de circulación de barros ϕ 100 mm
Descarga de los barros a los lechos de escurrimiento ϕ 200 mm
Pozo colector
Cierre hidráulico
Empaquetadura
Nivel normal del liquido
A los tanques de sedimentación
Rebalse
Cámara de inspección
DETALLE DE LA CAMARA COLECTORA DE GAS
Boca de entrada
Sostenes del radiador en espiral
Vigas
Tubo para extracción de muestras ϕ 150 mm
Cámara colectora de gases
Pozo colector
Apoyos de la estructura metálica
A la bomba de circulación de barros ϕ 100 mm
Tubo para extracción de muestras ϕ 150 mm
Tubo para extracción de muestras ϕ 150 mm
De la caldera
A la caldera
Radiador en espiral
Descarga de barros
Entrada de barros frescos
Descarga de sólidos flotantes

Fig. 183

VISTA SUPERIOR Y CORTE DE UN TANQUE DE DIGESTION TIPO "DORR Cº"

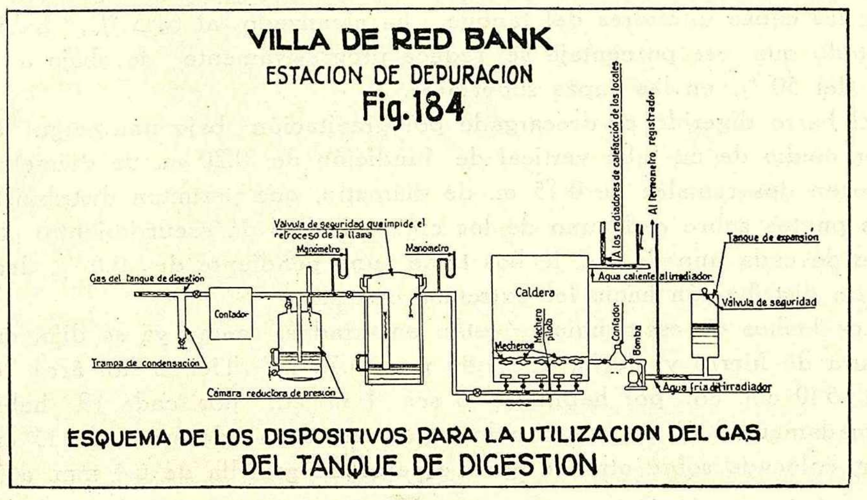


Fig. 184

ESQUEMA DE LOS DISPOSITIVOS PARA LA UTILIZACION DEL GAS DEL TANQUE DE DIGESTION

ductora de presión, y una válvula de seguridad que impide el retorno de la llama. Entre la caldera y el extremo inferior del irradiador hay además de la bomba un tanque de expansión con válvula de seguridad y un contador de agua.

En un termómetro registrador de dos plumas, se registran las temperaturas del agua en uno y otro extremo de la espiral, para apreciar las pérdidas de calor.

Los caños exteriores de conducción del agua caliente han sido protegidos convenientemente para evitar pérdidas de calor.

A la salida de la caldera parte un ramal de la línea de calefacción, para calentar los locales donde están instalados el laboratorio, los aparatos cloradores, etc.

Como la planta es de reciente construcción no ha podido comprobarse la eficacia del sistema de calefacción, pero todo hace prever que en Red Bank, como en otras instalaciones similares, se podrá obtener el gas necesario para mantener una temperatura media superior a 21.1.° C. dentro del tanque de digestión.

Los proyectistas supusieron una producción de barro de 1.6 m.^{3} por cada 1.000 m.^{3} de aguas servidas tratados, y una producción de gas de unos 21 litros por habitante y por día, necesaria para mantener la temperatura de los barros en el tanque de digestión de 23.8° C a 26.6° C; la del local donde están instalados los cloradores, durante las 24 horas del día, y los servicios del laboratorio, durante ocho horas diarias.

La reacción del barro y el líquido que sobrenada en el tanque ha sido mantenida aproximadamente constante por medio de cal hidratada, oscilando el valor del pH alrededor de 7.2. El valor del pH del barro fresco es igual a 6.0, ordinariamente.

Los barros frescos al entrar a los tanques de digestión, tienen en Red Bank una humedad del 95 °/o y los barros digeridos una humedad de 91.9 °/o, en promedio.

El contenido de cenizas en la materia sólida de los barros frescos es de 30 °/o, en promedio, y el de la materia sólida de los barros digeridos, extraídos de las capas inferiores del tanque, ha alcanzado al 61.5 °/o, habiéndose constatado que ese porcentaje se reduce progresivamente de abajo a arriba, siendo del 50 °/o en las capas superiores.

El barro digerido es descargado por gravitación bajo una carga de 1.20 m., por medio de un tubo vertical de fundición de 0.20 m. de diámetro, del que parten dos ramales de 0.15 m. de diámetro, que permiten distribuirlo desde dos puntos sobre cada uno de los cinco lechos de escurrimiento. La superficie de cada uno de los lechos tiene una pendiente de 0.6 °/o desde el punto de distribución hacia los extremos opuestos.

Los lechos de escurrimiento están encerrados, como ya se dijo, en una estructura de hierro y vidrio, de 21.80 por 45.72 m. Tienen un área equivalente a 540 cm. cd. por habitante o sea 1 m. cd. por cada 19 habitantes, aproximadamente. Están constituídos por una capa de arena de 15 cm. de espesor, colocada sobre otra, de igual espesor, de gravilla de 6.4 mm. a 38 mm.

La red de drenaje está compuesta de ramales formados por caños de grés vidriado de 100 mm. de diámetro, unidos a juntas secas, que empalman con una cañería principal de grés vidriado de 150 mm., con juntas tomadas con mortero de cemento, que tiene una pendiente de 0.5 °/₀, y descarga en otra cañería de igual constitución, de 0.25 m. de diámetro, que tiene una pendiente de 0.3 °/₀, y descarga en una cámara recolectora de unos 17 $m.^3$ de capacidad La planta está equipada de modo que el líquido drenado, conjuntamente con el líquido rebalsado del tanque de digestión, es bombado automáticamente hasta la entrada de los tanques de sedimentación, a través de una cañería de 25 mm. de diámetro.

Para evitar cualquier escape de gases al exterior, que podría dar origen a quejas del vecindario, se han colocado aspiradores en el edificio principal y en los lechos de escurrimiento, para aspirar el aire y conducirlo hasta la chimenea de la caldera de calefacción atravesando el mechero piloto. Los aspiradores no funcionan contínuamente.

Un laboratorio muy bien instalado en un local apropiado, dentro del edificio principal ocupado por la reja, la cámara desarenadora, los tanques de sedimentación y las instalaciones de cloración, completa el conjunto de esta modernísima estación de depuración, que el informante considera un modelo en su género.

Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la cuenca del río Rockaway, en Boonton, N. J.

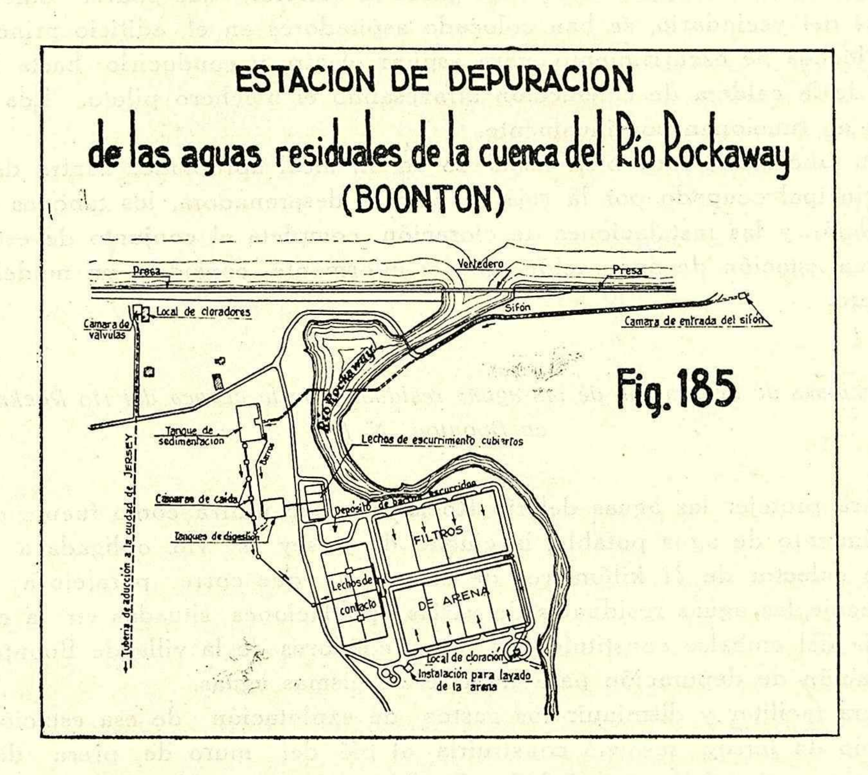
Para protejer las aguas del río Rockaway, que utiliza como fuente de su abastecimiento de agua potable, la ciudad de Jersey se vió obligada a construír un colector de 21 kilómetros de extensión, que corre paralelo a dicho río y recoje las aguas residuales de varias poblaciones situadas en la cuenca tributaria del embalse constituído en los alrededores de la villa de Boonton, y una estación de depuración para tratar esas mismas aguas.

Para facilitar y disminuir los gastos de explotación de esa estación, el Municipio de Jersey resolvió construirla al pié del muro de presa del embalse, en terrenos de su propiedad, donde ya tenía establecida la planta de esterilización del agua de alimentación. (1)

Como las aguas del río Rockaway, aguas abajo de la presa de Boonton, son utilizadas para otro abastecimiento de agua potable, el mencionado Municipio fué obligado judicialmente a adoptar instalaciones capaces de obtener un alto grado de depuración de las aguas residuales antes de verterlas en el río, habiendo optado en definitiva por construir: una reja a la entrada del sifón que atraviesa el río Rockaway, seguida de un vertedero en forma de V, con aparatos registradores para medir los caudales, tanques de sedimentación sim-

(1) Es oportuno recordar que la planta de esterilización de agua potable de Boonton fué la primera construída en los Estados Unidos de Norte América. Previamente se usó el hipoclorito de calcio con ese fin, pero actualmente se emplea el cloro gaseoso, que se introduce en solución, por medio de bombas, en el agua que pasa a la ciudad.

ple, tanques de digestión, lechos de escurrimiento, lechos de doble contacto, filtros de arena y una estación de esterilización del efluente final, Fig. 185 El Municipio de Jersey había resuelto construir una planta de barros activados, pero la Compañía propietaria del abastecimiento situado aguas abajo de Boonton alegó que el procedimiento no había perdido todavía su carácter experimental, acordándose en definitiva construir las instalaciones actuales. El dato revela el concepto que tenían algunos técnicos, cinco años atrás, del procedimiento de depuración por los barros activados. Es seguro que actualmente no podría hacerse una oposición semejante, dado el mejor conocimiento que se tiene del proceso y los perfeccionamientos introducidos en los dispositivos para aplicarlo.



Las instalaciones construídas están en funcionamiento desde fines del año 1928. Fueron proyectadas para tratar hasta 7750 m.³ diarios.

En el local donde está emplazada la reja se miden los caudales que llegan a la Estación y la temperatura de las aguas. A la salida de la reja las aguas entran al sifón que une esa parte de la instalación con los tanques de sedimentación.

El sifón descarga en una cámara situada en la parte superior de los tanques, unida por tuberías a cada uno de los 12 tanques existentes. Por medio de compuertas puede aislarse una unidad si fuera necesario. La capacidad global de los 12 tanques es de 3800 m.³. Los tanques son de planta rectangular. Las aguas los recorren en sentido longitudinal. Tienen una profundidad decreciente de la entrada a la salida. La salida de las aguas se hace por encima de un vertedero de altura variable, de manera que si se quiere se pue-

de hacer trabajar el tanque a presión, procedimiento seguido cuando se desea evitar que se forme una crosta o capa de materias en suspensión en la parte superior del líquido. Los tanques de sedimentación se vacían periodicamente, antes que los barros entren en descomposición, y se limpian perfectamente después de cada vaciado. Los barros son descargados por gravedad dentro de los tanques de digestión.

El efluente de los tanques de sedimentación atraviesa cinco cámaras de caída, donde se airea, antes de llegar a los lechos de contacto. Hay ocho lechos de contacto con un área total de 8.090 m.^{2}. Están constituídos por una capa de 1.80 m. de espesor, de piedra partida de 38 a 63.5 mm., que se apoya sobre un drenaje contituído por tubos de grés unidos a junta seca. La entrada del agua en los tanques está controlada automáticamente, haciéndose en forma rotativa (cuando un lecho está lleno comienza a llenarse el de al lado.) Transcurrido el tiempo de contacto en un lecho, el agua es descargada pasando a los filtros de arena. Las descargas son reguladas también automáticamente. Cada lecho se llena en una hora, el período de contacto dura 45 minutos, el de vaciado una hora y cuarto y el de reposo 5 horas; de modo que hay tres ciclos de trabajo diario.

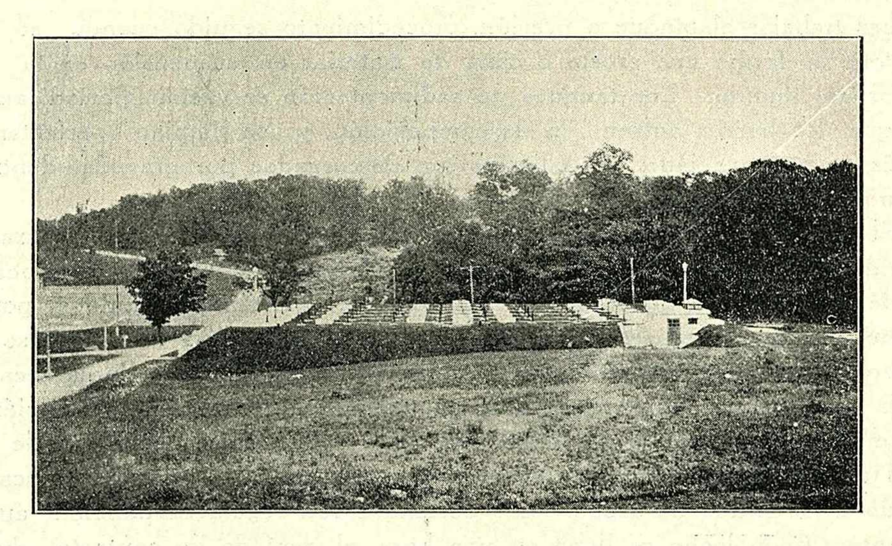
Hay ocho lechos de arena divididos cada uno en dos partes. Tienen un área total de 2.023 m.^{2} y están constituídos por una capa de 1.20 m. de espesor, de arena de 0.4 a 0.6 mm. de tamaño efectivo y cuyo coeficiente de uniformidad está comprendido entre 3 y 4. Las aguas se distribuyen por medio de un canal principal y canales secundarios formados de tablas que se apoyan directamente sobre la arena.

Aunque el efluente de los filtros es claro y estable, es esterilizado por medio del cloro. Dicho efluente llega al subsuelo del local de esterilización, donde hay un aparato controlador de caudales que mide los volúmenes descargados por la Estación. Después de atravesar ese aparato pasa a un pozo de inspección donde se controla su transparencia y luego recibe el esterilizante, que puede ser cloro gaseoso o hipoclorido de calcio, pues se han previsto instalaciones para poder usar cualquiera de esos esterilizantes. El control de la esterilización puede hacerse automáticamente o semi - automáticamente.

Las aguas cloradas pasan enseguida a un tanque de 330 m.^{3} de capacidad, donde se hace más íntima la mezcla del esterilizante.

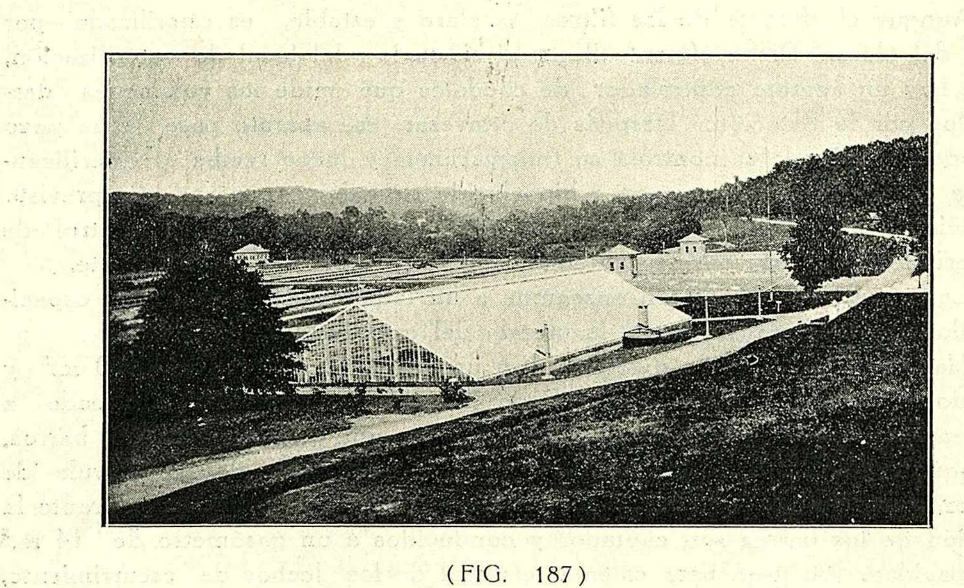
Hay cinco tanques de digestión con una capacidad total de 2.300 m.^{3} y anexado a ellos un tanque regulador de 465 m.^{3} de capacidad, destinado a almacenar el líquido desalojado cuando se hace una nueva carga de barros. El tanque regulador descarga en forma gradual, por medio de una válvula de flotador, sobre los lechos de contacto. Los gases que se producen durante la digestión de los barros son captados y conducidos a un gasómetro de 14 m.^{3} de capacidad. Se usan para calentar el local de los lechos de escurrimiento, los tanques de digestión, etc. Se ha instalado una bomba para poder efectuar la circulación de los barros, de modo que la siembra y la corrección de su reacción, por medio de cal, puede hacerse facilmente.

Los barros digeridos son descargados por gravitación sobre los lechos de escurrimiento. Hay cuatro lechos con un área total de 1 025 m.^{2}, construídos



(FIG. 186)

Vista de los tanques de digestión de la estación de depuración de Boonton



(FIG. 187)

Vista de los lechos de escurrimiento, lechos de contacto, y filtros de arena de la estación de depuración de Boonton

dentro de una estructura de hierro y vidrio, similar a la que hemos mencionado al hablar de la Estación de depuración de Red Bank, de modo que el escurrimiento de los barros puede hacerse con independencia de las condiciones atmosféricas y a cubierto de cualquier desprendimiento de olores. Los líquidos recogidos en la red de drenaje pasan al canal que conduce el efluente de los filtros al local de esterilización, donde son clorados antes de ser vertidos en el río. Los barros escurridos se retiran con vagonetas y son acopiados hasta su destino final, en un espacio al aire libre rodeado de un murete de protección, con piso de hormigón, munido de un desagüe en comunicación con el canal que conduce los líquidos recogidos en el drenaje de los lechos de escurrimiento, para evitar que las aguas pluviales que entren en contacto con los barros acopiados puedan llegar al río sin tratamiento.

Para el lavado de la arena de los filtros hay un aparato lavador dispuesto al aire libre en un lugar apropiado. La arena retirada a pala de los lechos se lleva en vagonetas hasta el aparato lavador. El agua usada en el lavado de la arena es recogida por una canalización y conducida a una especie de lecho de escurrimiento donde el líquido se filtra antes de pasar al local de esterilización.

Un laboratorio establecido en la planta principal del local de esterilización, completa las instalaciones de esta planta modelo, en cuya construcción se han extremado las precauciones para obtener un efluente altamente depurado y para eliminar durante el funcionamiento la posibilidad de que se produzcan olores, se reproduzcan moscas o adquieran importancia los inconvenientes que pueden sobrevenir en la explotación de toda estación de depuración. La proximidad del embalse que abastece de agua potable a la ciudad de Jersey y la necesidad de proteger el abastecimiento de aguas abajo, impusieron condiciones rigurosas que se han cumplido con éxito. El lugar de emplazamiento, de por sí muy pintoresco, ha sido transformado en un pequeño parque donde las instalaciones y edificios de la Estación de depuración son un motivo de ornato, Figs. 186 y 187.

Instalaciones de depuración de aguas residuales de Madison - Chathan

En la estación de depuración de Madison - Chathan se tratan por medio de los barros activados las aguas residuales de una población de 11.000 habitantes, que tienen un volumen medio diario de unos 7.600 m.^{3}. Esas aguas son de origen esencialmente doméstico y son recogidas por un alcantarillado de sistema separativo.

A la entrada de la Estación las aguas atraviesan una reja con peine accionado mecánicamente y luego sufren una sedimentación preliminar de 2 horas, pasando enseguida a los tanques de aeración, que atraviesan en seis horas, término medio. La cantidad de barros activados empleada es en promedio de 20 %, medida después de 1 hora, y la cantidad de aire insuflado es de 11.2 m.^{3} por metro cúbico de agua tratado Los canales de aeración tienen 3.05 m. de ancho y 3.65 m. de profundidad. Cada 4.50 m. tienen un

tabique transversal. Para provocar la mezcla íntima de los barros y su aeración cada tabique tiene una abertura en su parte inferior junto a los muros, estando emplazadas las aberturas de dos tabiques inmediatos sobre extremos opuestos. Los difusores son cilíndricos y están colocados paralelamente a los muros y de un solo lado. Están emplazados a 1.20 m. de la superficie de las aguas, de modo que la presión del aire insuflado es más reducida que en los otros casos descriptos. La energía gastada por cada 1.000 $m.^3$ es de 10.5 H. P.

Los barros son acondicionados o reactivados en canales destinados a ese objeto, empleándose para esa operación 7.5 m^3 de aire por metro cúbico de barro tratado, durando la reaeración de 8 a 10 horas.

El efluente de los tanques de aeración pasa a los tanques de decantación final, que tienen 6.10 m de diámetro interior y 4 25 m. de profundidad, y fondo tronco - cónico. Están munidos de dispositivos de remoción mecánica de los sedimentos, del tipo Hardinge, que consiste sencillamente en una rastra de forma helicoidal (vista desde la parte superior de los tanques) accionada por un árbol vertical emplazado en el centro de cada unidad y movido por un motor eléctrico.

El efluente de los tanques de decantación es clorado, utilizándose en esa operación 4 partes de cloro por millón de líquido, debido a que aguas abajo el río Passaic, en que se vierten, sirve de fuente de un abastecimiento de agua potable.

Los barros activados en exceso son extendidos, como único tratamiento, sabre lechos de escurrimiento de tipo corriente, enseguida de retirados. Tienen 97.5 °/₀ de humedad al ser extendidos y 62 °/₀ al ser retirados. Con tiempo favorable, después de ocho días pueden apalearse. Debido a las condiciones meteorológicas, sobre una misma parte de los lechos de escurrimiento solo pueden hacerse anualmente de 7 a 8 descargas de barros. Según el Jefe de esta Estación, el 90 °/₀ del agua cedida por los barros se pierde a través del drenaje y el 10 °/₀ por evaporación, por lo que es esencial asegurar un buen drenaje a los lechos de escurrimiento, si se desea que sean eficaces El líquido recogido en los drenes de los lechos, es clorado a razón de 8 a 10 partes de cloro por millón de líquido.

Las instalaciones de Madison - Chathan llevaban apenas un año de funcionamiento cuando el informante las visitó, razón por la cual los datos de explotación consignados no pueden considerarse definitivos, siendo susceptibles de mejoramiento.

Tanto los tanques de sedimentación preliminar como los de aeración y decantación final han sido previstos en duplicado. Cada unidad cuenta con los dispositivos necesarios para trabajar conjuntamente con las restantes, pudiéndose hacer las combinaciones necesarias para obtener un buen efluente final.

La Estación cuenta con un laboratorio muy bien montado, donde se hacen todos los análisis de control necesarios.

Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la zona Norte de la ciudad de Toronto (Canadá)

La Estación de depuración que trata las aguas residuales de la zona Norte de la ciudad de Toronto es una planta librada al servicio público a fines del año 1929. En la preparación de los planos y durante la construcción de las obras actuó como consultor el Ingeniero Harrison P. Eddy, co - autor del conocido tratado "American Sewerage Practice" y de gran reputación en la América del Norte, como es sabido.

La mencionada zona de la ciudad de Toronto es una región de carácter residencial, en la actualidad parcialmente desarrollada, por cuya causa no tiene la totalidad de sus calles pavimentadas.

El alcantarillado es del sistema unitario y recibe las aguas servidas y pluviales de una zona que cubre unas 1100 hectáreas y además las aguas pluviales provenientes de las zonas circundantes, que en total tienen una superficie aproximada de 500 hectáreas. Ha sido construído previendo que las aguas de una pequeña población de 2.500 habitantes llamada Forest Hill, que tiene 300 hectáreas de superficie, llegarán hasta él en un futuro próximo.

El desagüe de la Estación de depuración se hace en el río Don, que en época de estiage tiene un caudal apenas superior al que llega a la Estación.

Aunque la población actual de la zona Norte de Toronto es de unos 26.300 habitantes, los proyectistas han considerado una población de 50.000 habitantes al proyectar las instalaciones, suponiendo que se alcanzará esa población a los diez años de librada la planta al uso público, plazo de previsión adoptado generalmente, teniendo en cuenta el estado actual de los conocimientos en materia de depuración de aguas residuales.

Previendo la expansión de la zona servida, los proyectistas han dispuesto las instalaciones actuales de modo que puedan ensancharse en el futuro sin inconvenientes. La parcela adquirida permitirá construír una planta para 175.000 habitantes, población tributaria máxima que puede preverse razonablemente.

El consumo de agua potable de la zona considerada era antes de ejecutarse las obras de unos 330 litros por habitante y día, pero los proyectistas admitieron que el consumo ha de llegar en pocos años a 410 litros por persona y día, como consecuencia de las facilidades que darán las nuevas extensiones del alcantarillado que se realizaron simultáneamente con las obras de la Estación de depuración y las extensiones en proyecto. Teniendo en cuenta ese consumo unitario y que se recogerían en el alcantarillado las aguas de unas cañadas, supusieron que el caudal medio de aguas servidas a tratar en tiempo seco fuera de 455 litros por habitante y día, o sea, 22.750 m^3 diarios. Supusieron, además, que el caudal máximo en tiempo seco llegue a ser un 50 °/。 mayor que ese caudal medio.

Considerando conveniente tratar en la Estación de depuración en tiempo de lluvias, hasta el doble de caudal medio considerado para tiempo seco, tomaron como base de los cálculos un caudal de 45.500 $m.^3$ diarios, o sea 910 litros por habitante y día.

Por tratarse de obras relacionadas con una ciudad de un Dominio de Inglaterra recordaremos que las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública de ese país prescriben que debe tratarse en tiempo lluvioso hasta un caudal triple del previsto como caudal medio en tiempo seco. Como los proyectistas supusieron un caudal medio en tiempo seco de 455 litros por habitante y por día, que es sensiblemente tres veces mayor que el previsto generalmente en Inglaterra, se deduce de lo dicho que en la Estación de depuración de la Zona Norte de Toronto se podrá tratar un volumen doble del prescripto en aquellas recomendaciones.

Teniendo en cuenta que durante el verano el gasto del río Don es muy reducido, que ese curso de agua ya está muy contaminado, sobre todo aguas abajo de la población, que no convenía empeorarlo y que no debía aumentarse la contaminación del lago Ontario donde desagua dicho río, los proyectistas llegaron a la conclusión de que las aguas residuales de la Zona Norte de Toronto debían ser depuradas en alto grado antes de ser vertidas, y en consecuencia, proyectaron instalaciones capaces de remover un alto porcentaje de matertas sólidas en suspensión y de oxidar y transformar en sustancias inocuas las materias restantes de las aguas residuales. Previeron además que durante la estación de los baños se pudiera clorar el efluente de la Estación, y que igual cosa pueda hacerse con las aguas de lluvia de las precipitaciones moderadas (previa decantación) en el futuro, cuando las otras poblaciones que vierten sus aguas residuales en el mismo río las depuren también.

De acuerdo con lo expresado anteriormente, en tiempo de lluvia todo caudal hasta 45 500 m.^{3} diario sufre el tratamiento completo. Los caudales en exceso, hasta 819 000 m.^{3} diarios (36 veces el caudal medio diario en tiempo seco) sufre una sedimentación simple, con el objeto de evitar que las materias sedimentables que arrastren puedan depositarse en el lecho del río Don y dar origen a descomposiciones, que reducirían el oxígeno disuelto en sus aguas, producirían olores, etc. En el cuadro N.° 26 se especifican los volúmenes que pueden tratarse y el tratamiento que sufren en las instalaciones.

CUADRO N.° 26

ESTACION DE DEPURACION DE LA ZONA NORTE DE TORONTO

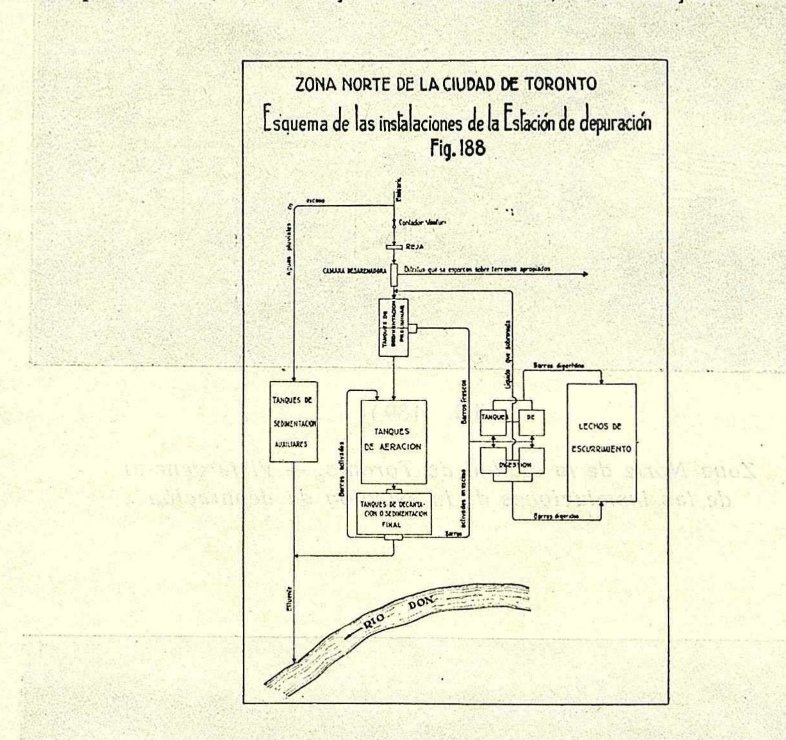
Caudales que pueden tratarse y clase del tratamiento que sufren

Caudal total	Caudal que sufre tratamiento completo	Caudal que sufre solamente una sedimentación		Caudal total que sufre tratamiento	Caudal vertido al río sin tratamiento
		En 30 minutos	En 5 minutos		
		Caudales en metros cúbicos			
22.750 (1)	22.750	0	0	22.750	0
45.500	45 500	0	0	45.500	0
182.000	45.500	136.500	0	182.000	0
864.500	45.500	0	819.000	864.500	0
3.500.000 (2)	45.500	0	819.000	864.500	2.635.500

(1) Caudal medio diario en tiempo seco.
(2) Capacidad máxima del emisario.

La Estación de depuración de la Zona Norte de Toronto se ha construído en un lugar aparente por su amplitud y sus desniveles y hasta ella llegan las aguas de la red de alcantarillado por gravitación.

Las instalaciones, Fig. 188, constan de: cuatro tanques de sedimentación auxiliares, destinados a clarificar las aguas de lluvia en las condiciones que más adelante se dirá, una reja, una cámara desarenadora, dos tanques de sedimentación preliminar, dos tanques de aeración, dos tanques de sedimentación



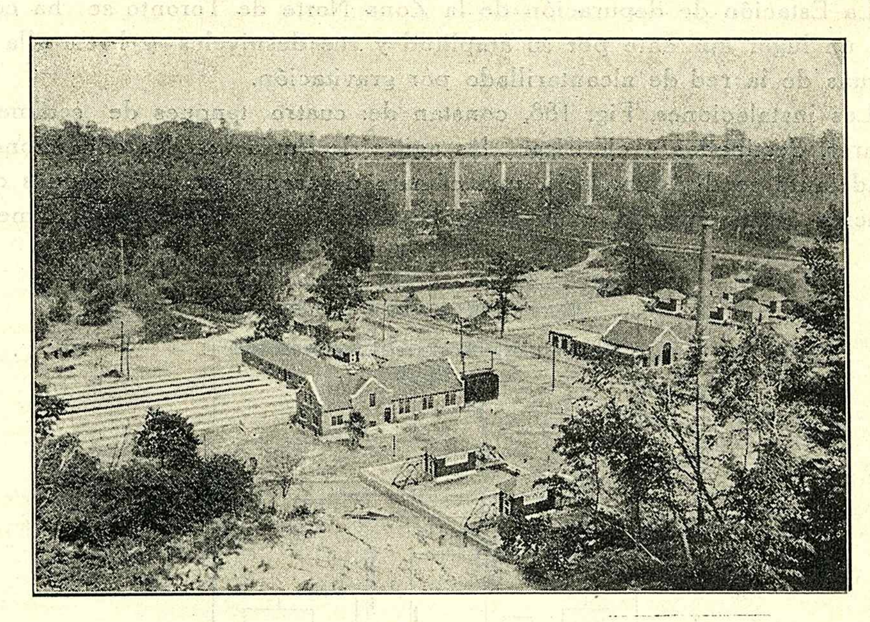
final, cuatro tanques de digestión separada y tres lechos de escurrimiento. Las Figs. 189 y 190 permiten apreciar el conjunto de esas instalaciones.

La capacidad de los tanques de sedimentación auxiliares destinados a tratar los volúmenes de aguas pluviales en exceso sobre los 45.500 m.³ que pueden sufrir el tratamiento completo diariamente, es de unos 8.500 m.³, equivalente al 37.5 °/₀ del caudal medio en tiempo seco. (1)

Los tanques de sedimentación auxiliares tienen una profundidad de 4.57 m. El período de retención es de 30 minutos, para un caudal equivalente a seis veces el previsto como medio en tiempo seco, de donde se deduce que para el caudal máximo de 819.000 m.³ diario, ese período será de cinco minutos. Los volúmenes de aguas pluviales en exceso sobre ese caudal son descargados al río sin tratamiento alguno.

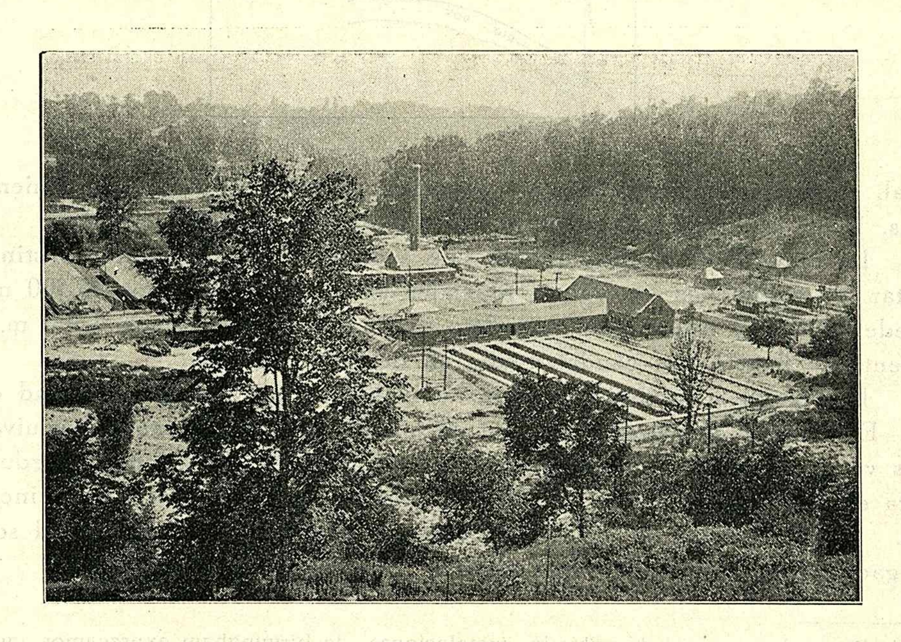
---

(1) Recuérdese que al describir las instalaciones de Birmingham expresamos que las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública de Inglaterra prescriben que la capacidad de los tanques de sedimentación auxiliares debe ser equivalente al 25 °/₀ del caudal medio tratado en tiempo seco, de donde se deduce que los tanques de Toronto tienen una capacidad 50 °/₀ mayor.



(FIG. 189)

Zona Norte de la ciudad de Toronto. — Vista general de las instalaciones de la estación de depuración



(FIG. 190)

Zona Norte de la ciudad de Toronto. — Vista general de las instalaciones de la estación de depuración

Después de cada precipitación los tanques son vaciados y limpiados. El material sedimentado, que consiste generalmente en arena y otras materias pesadas, con un reducido porcentaje de materias orgánicas, se utiliza para rellenos.

Las aguas que sufren el tratamiento completo de depuración atraviesan al entrar a la Estación una reja inclinada a 45°, con barras separadas unas de otras 44 mm., que se limpia por medio de un peine accionado por un motor eléctrico.

Después de atravesar la reja las aguas pasan a una cámara desarenadora, compuesta de varios canales de 1.20 m. de profundidad, que las aguas recorren sucesivamente. La velocidad del líquido en la cámara es de 30 cm. por segundo.

Los resíduos recogidos en las rejas son incinerados en la planta. Los detritus de la cámara desarenadora se utilizan para rellenos.

El efluente de la cámara desarenadora pasa inmediatamente a los tanques de sedimentación preliminar, de los que hay dos unidades del tipo Dorr, ya descripto al hablar de la Estación de Depuración de Red Bank. El período de sediment·ción es de una hora y media, para el caudal medio considerado para tiempo seco. Cada tanque tiene los mecanismos necesarios para la acumulación del barro en su parte central y una bomba destinada a recogerlo periódicamente y elevarlo a los tanques de digestión. Los tanques tienen 4.57 m. de profundidad.

La práctica ha demostrado que llegan a los tanques muchos trozos de trapos y materias similares que dificultan la marcha de los mecanismos destinados a acumular el barro en el fondo de ellos habiéndose pensado colocar una reja de barras más juntas para evitar el inconveniente.

El efluente de los tanques de sedimentación preliminar pasa enseguida a los tanques de aeración.

Hay cuatro tanques de aeración con un área total de 1.537 m.^{2} y una profundidad de 3.27 m. El período medio de aeración previsto fué de cuatro horas, pero cuando el infrascrito visitó la planta era de ocho horas. La cantidad de barros activados utilizada en los tanques de aeración era de 15 a 20 °/₀, medida después de una hora. De noche la cantidad se eleva a 40 °/₀. La cantidad de aire insuflado prevista fué de 7.5 m.^{3} por metro cúbico de agua tratado. El área de los difusores es 1/10 del área total de los tanques.

De los tanques de aeración pasan las aguas a los tanques de sedimentación final. Hay dos tanques de tipo similar a los tanques de sedimentación preliminar. Tienen una superficie de 688 m.^{2} y una profundidad de 4.57 m. El período de sedimentación es de 2 horas. El barro de los tanques de sedimentación final es bombado a los tanques de aeración en la cantidad necesaria y el exceso se eleva a los cuatro tanques de digestión.

Estos tanques son del tipo Dorr, descripto también al hablar de la Estación de depuración de Red Bank. Tienen 6.10 m. de profundidad y están complementados con rastras de fondo para mezclar los barros y agitadores de superficie para impedir la formación de una capa o crosta de cuerpos flotantes. Los agitadores funcionan unos 20 minutos cada 8 o 10 horas. El perío-

do de digestión previsto fué de 60 días, pero se ha podido reducir a 40 o 45 calentando a 32.2° C, término medio, los barros a su entrada a los tanques y agregándoles cal para corregir su reacción. Los tanques están recubiertos de tierra para evitar las pérdidas de calor, impidiéndose así que la temperatura en su interior descienda de 21.1° C. Los tanques tienen los aparatos necesarios para recoger los gases que se producen durante la digestión de los barros. Esos gases se recogen en gasómetros y se queman en calderas donde se calienta el agua destinada a calentar los barros.

Los barros digeridos son descargados por gravitación sobre los lechos de escurrimiento. Hay tres lechos de esta clase, que ocupan una superficie de 2.387 m.^{2}. Los lechos están emplazados dentro de estructuras de hierro y vidrio, similar a la utilizada en Red Bank, de modo que el escurrimiento y la remoción de los barros puede hacerse durante todo el año, cualquiera que sea el estado del tiempo y la temperatura. Los lechos están formados por una capa de gravilla de tamaños variables, que se apoya sobre un drenaje similar al de la Estación de Red Bank.

De arriba a abajo la capa está así constituída: 15 cm. de arena terciada, 7.5 cm. de gravilla de 6 mm., 7.5 cm. de gravilla de 6 a 12 mm.; 7.5 cm. de gravilla de 12 a 25 mm. y 7.5 a 22 cm. (debido al desnivel del fondo) de gravilla de 25 a 37 mm. Los lechos fueron calculados para servir 38.8 habitantes por metro cuadrado de superficie. Los proyectistas supusieron que se obtendrían 0.269 m.^{3} de barro escurrido por cada 1.000 m.^{3} de agua tratada. La temperatura media en el interior de los locales varía de 4° a 10° C.

En término medio una capa de barro de 10 a 30 cm. de espesor es apaleable después de una semana de esparcida sobre los lechos. Los barros secos se han utilizado hasta la fecha como material de relleno.

Toda la maquinaria de la Estación de depuración de la Zona Norte de Toronto es eléctrica.

El funcionamiento de la Estación de depuración de la Zona Norte de Toronto era completamente satisfactorio. El efluente era límpido, incoloro y no putrescible, según los informes recogidos durante la visita realizada.

PARTE TERCERA

A) ESTUDIO SOBRE LA ESTERILIZACION DEL AGUA POR MEDIO DEL OZONO

Cumpliendo órdenes superiores, durante su estadía en Europa el informante se documentó sobre la esterilización de las aguas de consumo por medio del ozono, procedimiento bastante difundido, como se sabe, en Francia, Alemania, Holanda, Italia y otros países, y no aplicado hasta la fecha en el Uruguay, en abastecimientos públicos.

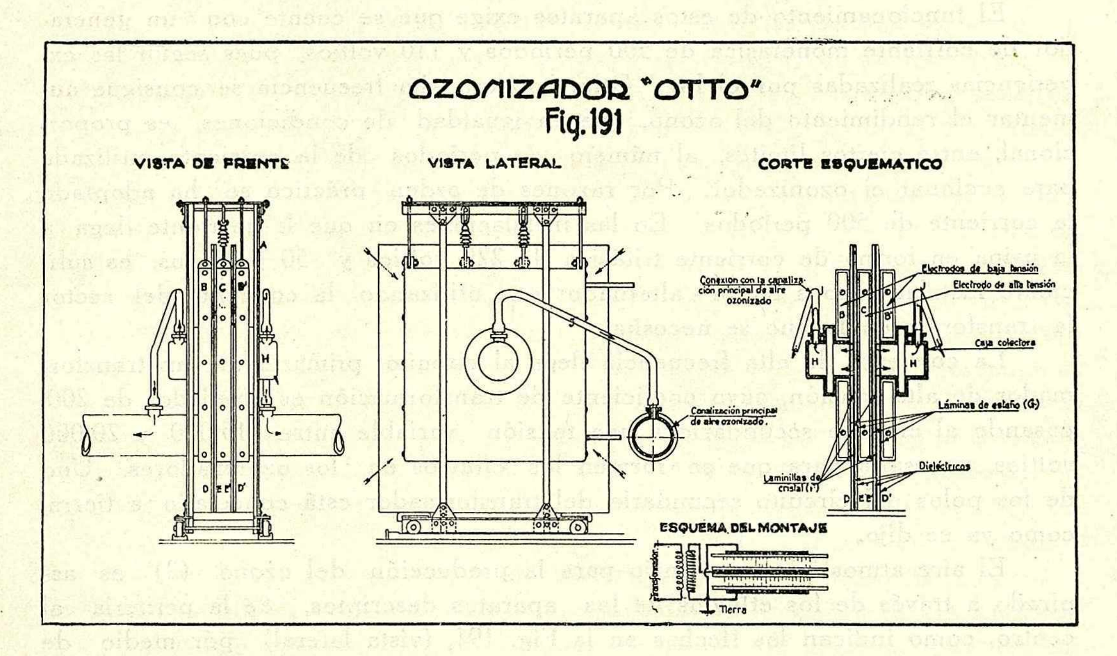
En compañía de los técnicos de la "Compagnie des eaux et de l'ozone" y de la "Société de purification Industrielle des gaz", que construyen los aparatos patentados sistemas "Otto" y "Van der Made", los más importantes en la actualidad en Francia, tuvo oportunidad de observar los dispositivos en fá-

brica, y a invitación de la primera de esas firmas, pudo apreciar el funcionamiento de las instalaciones sistema "Otto" de la usina de purificación de agua de la ciudad de Chartres. no habiendo obtenido facilidades para ver en funcionamiento una instalación sistema "Van der Made".

En Alemania el informante no pudo documentarse sobre los ozonizadores fabricados en el país, que son completamente similares a los de fabricación francesa estudiados.

Instalaciones sistema " Otto "

Como es sabido, los ozonizadores "Otto" son del tipo estático a dos dieléctricos planos y están constituídos por un bastidor o "chassis" metálico A., Fig. 191, que soporta tres platos huecos de aluminio o fundición, que



constituyen los electrodos. Los platos laterales B — B' están a baja tensión y unidos a tierra, el plato central C está a alta tensión Este plato está separado de cada uno de los otros, por dos láminas de cristal cuadradas, de unos 5 mm. de espesor, DE — D' E', que constituyen los aisladores o dieléctricos, separadas entre sí por medio de laminillas de cristal F, de un milímetro de espesor. Los dieléctricos están unidos a los electrodos con la interposición de láminas de estaño G, de 0.5 mm. de espesor, cuyo objeto no es otro que asegurar el contacto de esas piezas. Los platos laterales y las láminas de estaño y cristal correspondientes, tienen un orificio circular en su centro, a través del que pasa el cuello de una caja colectora H, cuyo objeto es recoger el aire ozonizado evitando el ataque de las partes metálicas del aparato por el ozono. Las cajas colectoras son de grés y se enlazan a la canalización principal de distribución del ozono, por medio de conexiones de cristal unidas por manguitos flexibles de caucho J. La canalización principal del ozono es también de

grés. El grés usado en los ozonizadores "Otto" es vidriado, de calidad especial, que el ozono no altera.

Los electrodos B — B' — C son refrigerados por una corriente contínua de agua, que no se recupera. (1) Con ese objeto sobre cada batería de ozonizadores se emplaza un tanque de alimentación y en lugar apropiado se coloca una canaleta de recolección y alejamiento del líquido. El tanque de alimentación recibe por su parte superior en forma de lluvia o chorro el agua, la que después de atravesar el conducto principal de distribución y los electrodos, se descarga de igual manera en la canaleta de recolección. En esa forma se evita que la corriente de alto voltaje pase a las canalizaciones generales de abastecimiento de agua o desagüe del local en que está emplazado el ozonizador.

El funcionamiento de estos aparatos exige que se cuente con un generador de corriente monofásica de 500 períodos y 110 voltios, pues según las experiencias realizadas por el Ing.° Otto, con esa alta frecuencia se consigue aumentar el rendimiento del ozono, que en igualdad de condiciones, es proporcional, entre ciertos límites, al número de períodos de la corriente utilizada para accionar el ozonizador. Por razones de orden práctico se ha adoptado la corriente de 500 períodos. En las instalaciones en que la corriente llega a la usina en forma de corriente trifásica de 220 voltios y 50 períodos, es suficiente instalar grupos motor - alternador que utilizando la corriente del sector la transforma en la que se necesita.

La corriente de alta frecuencia llega al circuito primario de un transformador de alta tensión, cuyo coeficiente de transformación es alrededor de 200, pasando al circuito secundario a una tensión variable entre 15.000 y 20.000 voltios, necesària para que se formen los efluvios en los ozonizadores. Uno de los polos del circuito secundario del transformador está conectado a tierra, como ya se dijo.

El aire atmosférico necesario para la producción del ozono (2) es aspirado a través de los efluvios de los aparatos descriptos, de la periferia al centro, como indican las flechas en la Fig. 191, (vista lateral) por medio de una simple trompa de agua que recibe el nombre de "emulsor", Fig. 193. El aire ozonizado en esa forma, es recogido en la canalización principal y llega a la garganta del emulsor, donde se mezcla con el agua a tratar. En dicha canalización principal suele colocarse un tapón de algodón con el objeto de filtrar el aire ozonizado.

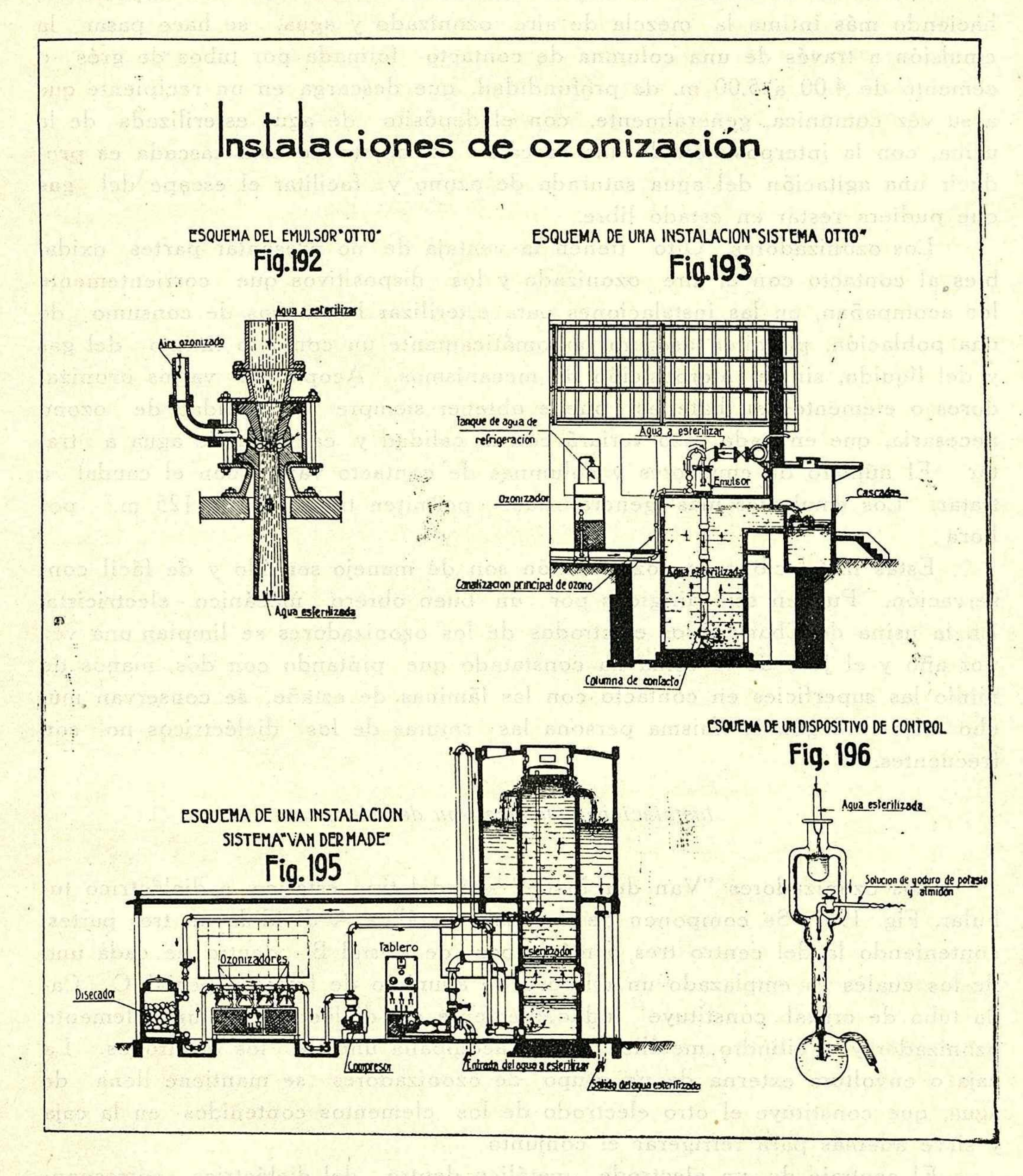
Aparatos apropiados permiten tomar todas las medidas eléctricas necesarias y un contador especial, generalmente del tipo de diafragma, instalado en la canalización principal antes del emulsor, permite conocer el volumen de aire ozonizado que llega a él.

---

(1) Los ozonizadores, en general, son condensadores cuyas descargas eléctricas obran sobre determinados volúmenes de oxígeno o de aire. El calor que se desarrolla en ellos es perjudicial para la formación del ozono, lo que obliga a refrigerarlos.

(2) Recuérdese que el ozono no es otra cosa que una forma alotrópica del oxígeno u oxígeno condensado, que se obtiene industrialmente sometiendo una corriente de aire a los efluvios eléctricos que se producen en los ozonizadores.

La trompa de agua o emulsor de los aparatos "Otto", Fig. 192, desempeña el doble rol de aspirador del aire ozonizado y de mezclador del mismo con el agua a esterilizar, sin requerir la interposición de ningún órgano mecánico. El agua a esterilizar llega por la parte superior del emulsor a una pre-



sión de cuatro metros de columna de agua y escapa por la parte inferior, atravesando los conos A y B, produciendo en la garganta C, un vacío enérgico. Se han hecho ensayos con presiones hasta de dos metros de columna de agua con buenos resultados, pero debe preferirse la presión indicada.

El aire ozonizado que llega de los ozonizadores es aspirado y arrastrado

por la corriente de agua mezclándose con ella en forma de emulsión perfecta. En los aparatos destinados a las usinas de purificación de agua los emulsores son también del grés vidriado especial ya mencionado.

Con el fin de obtener el mayor rendimiento posible de los dispositivos, haciendo más íntima la mezcla de aire ozonizado y agua, se hace pasar la emulsión a través de una columna de contacto formada por tubos de grés o cemento de 4.00 a 5.00 m. de profundidad, que descarga en un recipiente que a su vez comunica, generalmente, con el depósito de agua esterilizada de la usina, con la interposición de una cascada. El objeto de esta cascada es producir una agitación del agua saturada de ozono y facilitar el escape del gas que pudiera restar en estado libre.

Los ozonizadores "Otto" tienen la ventaja de no presentar partes oxidables al contacto con el aire ozonizado y los dispositivos que corrientemente los acompañan, en las instalaciones para esterilizar las aguas de consumo de una población, permiten asegurar automáticamente un contacto íntimo del gas y del líquido, sin la interposición de mecanismos. Acoplando varios ozonizadores o elementos en baterías, puede obtener siempre la cantidad de ozono necesaria, que en cada caso variará con la calidad y cantidad de agua a tratar. El número de emulsores y columnas de contacto varía con el caudal a tratar. Los emulsores más generalizados permiten tratar hasta 125 $m.^3$ por hora.

Estas instalaciones de ozonización son de manejo sencillo y de fácil conservación. Pueden ser dirigidas por un buen obrero mecánico - electricista. En la usina de Chartres los electrodos de los ozonizadores se limpian una vez por año y el Jefe de la usina ha constatado que pintando con dos manos de minio las superficies en contacto con las láminas de estaño, se conservan mucho mejor. Según la misma persona las roturas de los dieléctricos no son frecuentes.

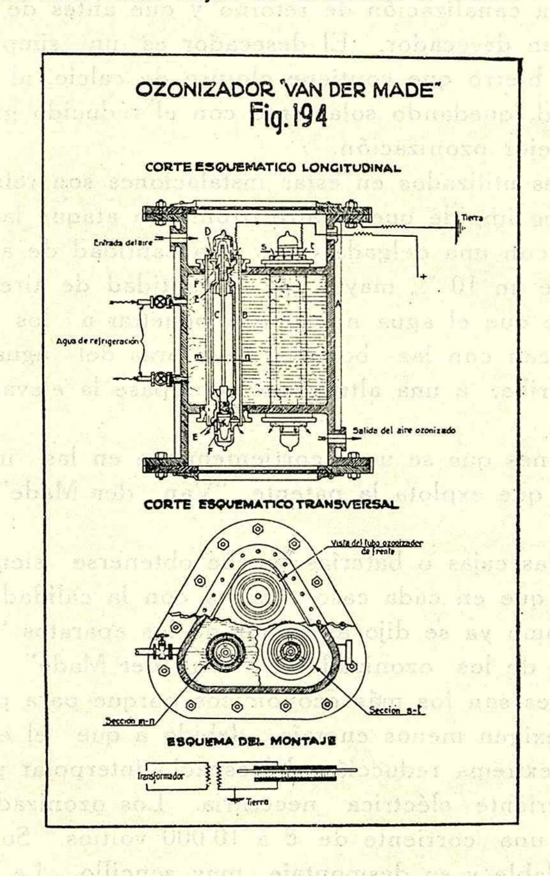
Instalaciones sistema Van der Made

Los ozonizadores "Van der Made" son del tipo estático, a dieléctrico tubular, Fig. 194. Se componen de una caja metálica A dividida en tres partes, conteniendo la del centro tres o más tubos de cristal B, dentro de cada uno de los cuales va emplazado un cilindro de aluminio de forma especial C. Cada tubo de cristal constituye indudablemente el dieléctrico de un elemento ozonizador y el cilindro metálico que lo acompaña uno de los electrodos. La caja o envoltura externa de un grupo de ozonizadores se mantiene llena de agua, que constituye el otro electrodo de los elementos contenidos en la caja y sirve además para refrigerar el conjunto

El centraje de un electrodo metálico dentro del dieléctrico correspondiente debe ser lo más perfecto posible, para que los efluvios eléctricos productores de ozono tengan la misma densidad y no se produzcan arcos o chispas, que en caso contrario se producirían y concluirían por destruir rápidamente el elemento ozonizador. Esto se obtiene en los ozonizadores "Van der Made" gracias a unos pequeños calzos cilíndricos D, de longitud rigurosamen-

te igual, que pueden desplazarse a través de tres orificios practicados sobre un mismo plano transversal en las armaduras que constituyen las cabezas o extremidades E de los electrodos. Por medio de una llave especial se hacen girar los conos F, los que actuando en igual forma sobre los tres calzos de cada cabeza, los empujan hasta tocar la superficie de los cilindros de cristal o dieléctricos. En esta forma el espacio anular determinado por la diferencia de diámetro del electrodo metálico y del dieléctrico, será calibrado perfectamente.

El compartimento central de una caja, en el sentido longitudinal, está aislado de las otras dos. Las cajas se conectan a tierra.



OZONIZADOR "VAN DER MADE"
Fig. 194

El aire atmosférico es aspirado a través de los efluvios de los ozonizadores, que recorre de un extremo a otro, como indican las flechas en la Fig. 194, por medio de un compresor, cargándose en ese recorrido de ozono. No se puede forzar el aire a través de los ozonizadores porque están construídos para resistir solamente una débil presión, generalmente de un metro de columna de agua. El aire así ozonizado pasa por la canalización de aspiración del compresor, para ser luego impulsado hasta la base de una columna de contacto o esterilizador, que tiene por objeto realizar la mezcla íntima del aire ozonizado con el agua a tratar, Fig. 195. El esterilizador está constituído por un cilindro hueco de hormigón armado o metal, dividido en trozos iguales por medio de tabiques transversales, perforados con agujeros de 0.7 mm. de diámetro. El aire ozonizado y el agua penetran simultáneamente por la parte infe-

rior de la columna y la recorren en un tiempo determinado, mezclándose en el camino. La presión del líquido dentro del esterilizador y los tabiques, favorecen la mezcla del ozono, y en consecuencia, la eficacia del tratamiento

Variando la velocidad de trabajo del compresor por medio de una polea u otro dispositivo, puede regularse la cantidad de ozono de acuerdo con las necesidades. Las cañerías de aspiración e impulsión del compresor, los ozonizadores y el esterilizador forman un circuito cerrado, recorrido del ozonizador al esterilizador por el aire ozonizado, y en sentido contrario, por los resíduos de aire ozonizado y el aire fresco; que es admitido a través de una válvula emplazada en la canalización de retorno y que antes de pasar a los ozonizadores atraviesa un desecador. El desecador es un simple recipiente de hormigón armado o hierro que contiene cloruro de calcio, al que el aire cede parte de su humedad, quedando solamente con el reducido grado higrométrico necesario para su mejor ozonización.

Los compresores utilizados en estas instalaciones son refrigerados y lubrificados con agua, que impide que el aire ozonizado ataque las superficies metálicas cubriéndolas con una delgada capa. La cantidad de agua de lubrificación es generalmente un 10 °/o mayor que la cantidad de aire ozonizado aspirado. Con el fin de que el agua no pueda penetrar a los ozonizadores, las cañerías que comunican con las bombas elevadoras del agua a tratar deben prolongarse hacia arriba, a una altura que sobrepase la elevación de las bombas, Fig. 195.

Las canalizaciones que se usan corrientemente en las instalaciones construídas por la firma que explota la patente "Van der Made" son de hierro galvanizado.

Acoplando varias cajas o baterías puebe obtenerse siempre la cantidad de ozono necesario, que en cada caso variará con la calidad y cantidad de agua a esterilizar, como ya se dijo al hablar de los aparatos "Otto".

Los fabricantes de los ozonizadores "Van der Made" afirman que los ozonizadores tubulares son los más económicos porque para producir un mismo peso de ozono exigen menos energía, debido a que el espesor reducido del dieléctrico y la extrema reducción del espacio interpolar permiten reducir la tensión de la corriente eléctrica necesaria. Los ozonizadores "Van der Made" trabajan con una corriente de 8 a 10.000 voltios. Su funcionamiento es facilmente controlable y su desmontaje muy sencillo. La combinación de los aparatos en circuito cerrado permite recuperar el ozono en exceso, lo que se juzga como otra ventaja económica del sistema, por los fabricantes de los aparatos "Van der Made".

Dosificación del ozono utilizado en la esterilización

La determinación de la cantidad de ozono agregada al agua esterilizada es una operación importante, que no puede ser hecha con una precisión absoluta, pues no hay un procedimiento que permita dosificar el ozono en cantidades de aire considerables, que no esté sujeto a causas de error. El procedimiento más generalizado en Francia es la reacción general de Bunsen para

el dosaje de las sustancias oxidantes, adaptada por Houzeau a la determinación del ozono, que consiste en hacer actuar un volúmen conocido de aire ozonizado sobre ioduro de potasio en solución acuosa acidulada, dosificando después el iodo puesto en libertad con una solución titulada de hiposulfito de sodio.

Como el iodo liberado al hacer pasar el aire ozonizado a través de la solución de ioduro de potasio, reacciona sobre la potasa formando compuestos diversos que alteran los resultados, es indudable que no podría atribuírsele a los dosajes más que un valor relativo, pero su valor práctico consiste en que realizados en las condiciones que a continuación se expresan, los resultados pueden ser comparables.

Para reducir al mínimo las reacciones secundarias se agregará a la solución de ioduro de potasio un volúmen de solución diluída de ácido sulfúrico, cuyo título corresponda al máximo de sulfato ácido de potasa que pueda formarse con la potasa puesta en libertad, y se harán las operaciones en el menor tiempo posible, evitando la elevación de la temperatura.

Se aconseja hacer las titulaciones por medio de testigos.

Los dosajes deben hacerse con aire ozonizado tomado en grifos especiales, situados en las canalizaciones que lo conducen de los ozonizadores a las instalaciones de mezcla con el agua. Generalmente se emplean en estas operaciones de cinco a veinte litros de aire ozonizado, dependiendo esa cantidad de la concentración más o menos fuerte del ozono

Se comienza por preparar las siguientes soluciones: 16.6 gramos de ioduro de potasio en un litro de agua destilada y 9.8 gramos de ácido sulfúrico en un litro de agua destilada. Se toman 50 c. c. de cada una y se mezclan en un recipiente apropiado, agregándoles 400 c. c. de agua destilada para completar 500 c. c Se reparte esa cantidad en tres frascos lavadores colocados en serie y se hace pasar a través de ellos un volúmen determinado del aire a analizar, que se mide cuidadosamente por medio de un contador especial de gas, colocado a continuación de los frascos o valiéndose de los contadores que acompañan a las instalaciones mismas. Se reúne el líquido de los frascos (que se habrá enrojecido) se enjuagan bien los frascos y el total se completa con agua destilada hasta el litro. El iodo puesto en libertad se dosifica sobre 50 c. c. de la solución, por medio de una solución de hiposulfito de sodio que contenga 6.583 gramos por litro, de modo que multiplicando por veinte el número de centímetros cúbicos de solución de hiposulfito de sodio gastado, se tendrá el número de milígramos de ozono contenido en el volúmen de aire analizado. El hiposulfito se vierte con una bureta hasta la decoloración del líquido. Como con la bureta pueden apreciarse hasta décimos de centímetro cúbico, se pueden hacer dosajes de ozono hasta el décimo de milígramo, de lo que se deduce que el procedimiento de dosificación es susceptible de bastante precisión.

Como se controla ordinariamente la esterilización

Numerosas investigaciones han demostrado que el agua que contiene a la salida de los esterilizadores ozono en disolución está perfectamente esteriliza-

da, es decir, no contiene ninguna bacteria patógena. Por otro lado, el ozono como fuerte oxidante que es, tiene la propiedad de descomponer los ioduros. En aquellos resultados y esta propiedad, se basa el sistema más generalizado de control de la esterilización de las aguas por el ozono, que consiste en la verificación de la existencia de ozono residual en el agua después de tratada. Para eso es suficiente tomar en un tubo de ensayo algunos centímetros cúbicos del agua ozonizada y agregarle algunas gotas de ioduro de potasio, almidón y agitar. Si el agua toma un tinte azul intenso contiene ozono y puede darse como esterilizada; si la reacción azul no se produce, habrá que aumentar la dósis de ozono, aumentando el voltaje o haciendo trabajar algunos elementos más

La Fig. 196 representa un dispositivo basado en los principios enunciados que permite constatar en forma permanente y automática la presencia del ozono en el agua tratada.

No hay peligro ninguno en aumentar las dósis de ozono por encima de las necesarias, pero en esos casos, habrá un gasto de energía inútil. El ozono es sólo un estado molecular del oxígeno, así que aún en exceso no sería perjudicial. Por lo demás, como tiende a disociarse facilmente, cualquier exceso en el agua tratada podrá eliminarse agitándola a la salida de los esterilizadores, haciéndolo caer en cascadas de poca altura.

Para mayor seguridad se aconseja dosificar el ozono de modo que pueda hallarse su presencia en el agua hasta un cuarto de hora después de retiradas las muestras.

Concentración del ozono en el aire ozonizado

Una concentración de dos gramos de ozono por metro cúbico de aire es generalmente suficiente, pero en oportunidades se requieren o se prefieren concentraciones de cinco a ocho gramos. Tanto los ozonizadores "Otto" como los "Van der Made" permiten obtener esas concentraciones. Con un gasto igual de energía, una misma agua puede ser esterilizada perfectamente con ozono en altas concentraciones (superiores a seis gramos por metro cúbico) o en concentraciones reducidas (dos gramos por metro cúbico), pero en el primer caso con un volúmen de aire ozonizado será posible esterilizar un elevado volúmen de agua, mientras que en el segundo deberán emplearse, en la mayoría de las veces, volúmenes iguales de aire y agua En cada caso convendrá estudiar las concentraciones más económicas, de acuerdo con el agua a tratar y las características de las instalaciones de ozonización, realizando ensayos numerosos; debiéndose tener en cuenta que el ozono en concentraciones débiles puede obtenerse con mayor regularidad, pues se forma más fácilmente y adquiere mayor estabilidad.

Cantidad de ozono por metro cúbico de agua esterilizada

La composición del agua a esterilizar juega indudablemente un rol considerable, habiéndose comprobado que según su riqueza de materia orgánica y la naturaleza de esa materia, será mayor o menor la cantidad de ozono a agre-

gar a un mismo volúmen de agua Corrientemente se emplean de 0.70 a 2.5 gramos de ozono por metro cúbico de agua a esterilizar.

Es usual la mezcla de 300 a 400 litros de aire ozonizado por metro cúbico de agua.

Cantidad de energía consumida por gramo de ozono

La energía necesaria para producir un gramo de ozono útil varía con el tipo de ozonizador, el sistema de esterilizador o dispositivo para efectuar la mezcla del ozono y el agua, el tipo de maquinaria elevadora del agua o impulsora del ozono, la disposición del conjunto de las instalaciones, etc. En general varía entre tres y treinta watts - hora.

Los rendimientos de los ozonizadores varían con la temperatura y el estado higrométrico del aire; a medida que se elevan, la producción del ozono desciende.

Resultados obtenidos con la ozonización

Según los informes recogidos en las usinas de París y Chartres, los resultados obtenidos con el ozono han sido siempre satisfactorios.

Se ha podido verificar que desde el punto de vista químico, las modificaciones que el ozono produce en el agua no son importantes. Los nitratos y nitritos varían en forma insignificante y la materia orgánica disminuye ligeramente, habiéndose comprobado que las grandes reducciones obtenidas por algunos experimentadores no pueden ser atribuidas a la acción del ozono unicamente, como se había afirmado. La materia orgánica de las aguas es generalmente estable y la cantidad relativamente pequeña del ozono que se hace actuar sobre ella durante unos segundos, a la temperatura ordinaria, no puede oxidarla en forma acentuada, que dé lugar a grandes reducciones.

Los análisis bacteriológicos realizados (1) han demostrado siempre: 1.°) la ausencia de gérmenes no esporulados ni esporulados patógenos hasta en 150 c. c.; 2.°) que los gérmenes son realmente destruídos, pues los análisis realizados con muestras conservadas durante varios días han dado los mismos resultados que las muestras sembradas después de su extracción y 3.°) que las aguas no conservan ningún principio antiséptico, habiéndose comprobado que las siembras con aguas esterilizadas adicionadas de pequeñas cantidades de aguas ordinarias siempre se desarrollan.

La ozonización es, sin duda, un procedimiento elegante de esterilizar las aguas, pero hoy en día con el desarrollo de la cloración ha perdido mucha importancia, por ser un procedimiento que exige gastos de primer establecimiento y de explotación mucho mayores

B) SOBRE EL SISTEMA DE CLORACION DIFUNDIDO EN FRANCIA POR EL ING.° BUNAU - VARILLA

Respondiendo también a instrucciones recibidas, el informante hizo gestiones para documentarse sobre el procedimiento de cloración por medio de

(1) Téngase en cuenta que se trata de aguas ozonizadas previa filtración.

hipocloritos, en dósis mínimas, difundido en Francia por el Ing.° F. Bunau - Varilla y estudió las posibilidades de su aplicación inmediata en nuestro país. (1)

Con la intervención de la Legación del Uruguay en Francia, tuvo una entrevista con dicho técnico, el que con toda gentileza le suministró los informes que le requiriera acerca de dicho sistema de cloración. Como consecuencia de esa entrevista y de las gestiones que hiciera ante los fabricantes de los dispositivos necesarios para su aplicación, el suscrito aconsejó la adquisición de los materiales necesarios para diez puestos de cloración, y habiéndose aprobado su proposición, se encargó de su adquisición en Francia y de su expedición.

Para poder observar algunas instalaciones en funcionamiento, el infrascrito visitó las usinas de las ciudades de Lyon, Reims y Sevilla donde, como se consignó en la Segunda Parte de este informe, recogió inmejorables referencias, que sirvieron para corroborar todo lo expresado por el Ing.° Bunau - Varilla en la entrevista mencionada.

Habiendo producido un informe especial sobre todo lo relativo a las referidas actuaciones, el informante no considera necesario formular nuevas consideraciones.

C) SOBRE LOS TUBOS DE CEMENTO Y AMIANTO "ETERNIT"

De acuerdo asimismo con instrucciones recibidas, el informante aprovechó su estadía en Turín para visitar la fábrica de tubos de cemento y amianto "Eternit" situada en Casale - Monferrato, e interiorizarse de los procedimientos de fabricación de esa clase de conductos, cuyo empleo está muy generalizado en Italia para la construcción de tuberías de aducción y distribución de aguas potables hasta de un metro de diámetro interior.

Las impresiones que el informante recibió en Casale - Monferrato fueron completamente favorables a los tubos "Eternit" y concordantes con las informaciones que le suministrara el Ingeniero Mario Vanni, Director de la "Societá Anónima per la condotta di Acque Potabili" de Turín y de importantes distribuciones de agua realizadas en los últimos años en Italia, quien ha utilizado los tubos mencionados en gran parte de esos trabajos, con resultados completamente satisfactorios.

Habiendo formulado oportunamente informes especiales sobre los tubos "Eternit", el informante no cree necesario extenderse en otras consideraciones a su respecto.

D) CONSIDERACIONES SOBRE LOS TUBOS DE HORMIGON ARMADO "BONNA"

El informante visitó la fábrica de tubos de hormigón armado que la "Société des tuyaux Bonna" tiene establecida en Choisy - le - Roy, en los alrededores de París, con el fin de conocer los detalles de fabricación de esos tubos, de uso corriente en Francia, Bélgica, Inglaterra, Italia, España y otros países de Europa y en el Canadá, especialmente en canalizaciones de grandes diámetros.

---

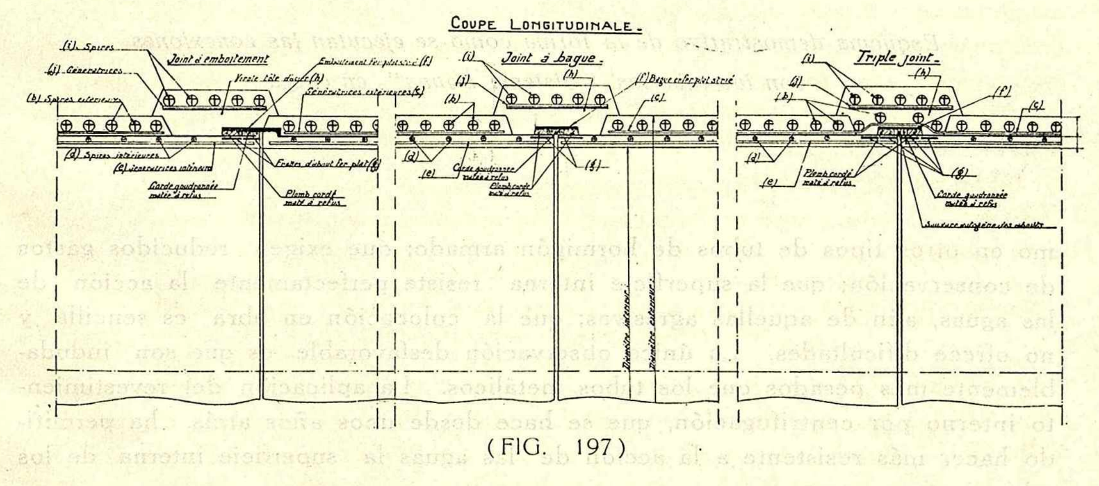
(1) El inventor ha divulgado éste procedimiento con el nombre de Verdunización.

Como es sabido, los tubos "Bonna" están constituídos por un alma de chapa de acero soldada al autógeno, que asegura la estanqueidad, sin dejar, desde luego, de contribuir a asegurar la resistencia a las presiones interiores y exteriores, recubierta interiormente por una capa de mortero de cemento (armado para los tubos de diámetros grandes y simple para los tubos pequeños) y exteriormente por otra capa de hormigón armado. (1)

La fabricación de un tubo exige la ejecución de las siguientes operaciones: a) corte, encurvado y soldadura de las chapas que constituyen el tubo central, soldadura de los aros o virolas de los extremos, montaje del enchufe de chapa estriada; b) preparación de las armaduras longitudinales y transversales; c) colocación de las armaduras del revestimiento interior (si las hay); d) montaje del tubo metálico y las armaduras interiores en el chassis de la máquina de centrifugación y aplicación del mortero de arena y cemento portland, haciendo girar el tubo a una velocidad conveniente, alisamiento final de la superficie interior; e) colocación en un molde del tubo metálico ya revestido interiormente, asegurando su centrado, después de haberle colocado las armaduras exteriores y aplicación del hormigón para constituir el revestimiento exterior. Los tubos de gran diámetro son formados en moldes verticales, para evitar la ovalización, los de pequeño diámetro son mantenidos horizontalmente; f) retiro del molde exterior.

Durante las operaciones se toman todas las precauciones para obtener un tubo cilíndrico de sección circular perfectamente recto y de espesor uniforme. El revestimiento de hormigón sobre los hierros exteriores es por lo menos de tres centímetros.

Las uniones de los tubos "Bonna" son de los tipos a enchufe y cordón a recubrimiento simple o a recubrimiento reforzado; todas ellas completadas con sobre-juntas o uniones sobrepuestas. La Fig. 197 permite apreciar claramente como están constituídas esas juntas.



(FIG. 197)

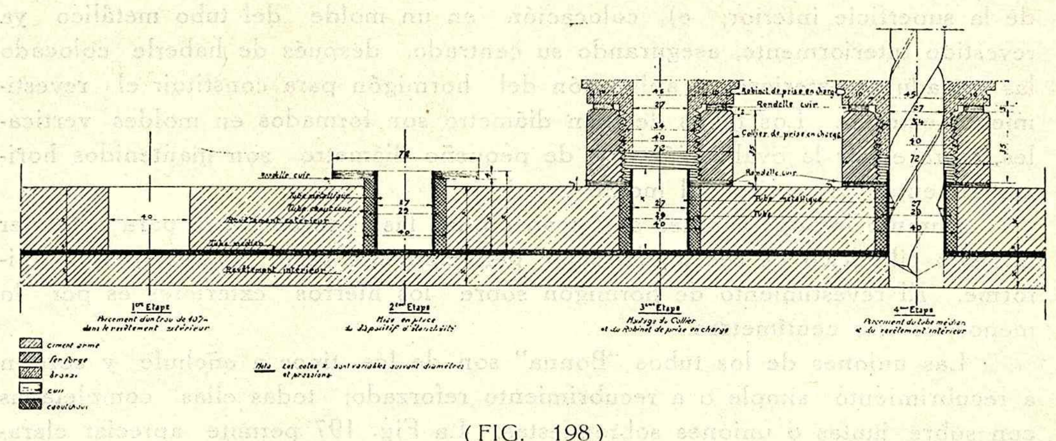
Corte demostrativo de la constitución de los tubos de hormigón armado "Sistema Bonna"

(1) Véase la reproducción del plano de fábrica, Fig. 197.

La Sociedad "Bonna" fabrica también las piezas especiales necesarias para el enlace de los tubos en las canalizaciones, que son confeccionadas por medio de moldes interiores y exteriores.

Los tubos "Bonna" pueden utilizarse en las distribuciones, no ofreciendo ninguna dificultad la confección de una conexión con los tubos en carga. La Fig. 198 permite comprender como se coloca un collar o anillo de toma en un tubo en carga.

De las referencias que nos fueron suministradas por los técnicos de la Sociedad "Bonna" y los de los abastecimientos públicos visitados que han utilizado los tubos fabricados por dicha Compañía, se deduce que ellos son de una estanqueidad absoluta, que se conserva en obra perfectamente; que las juntas son robustas y no constituyen puntos débiles de las canalizaciones, co-

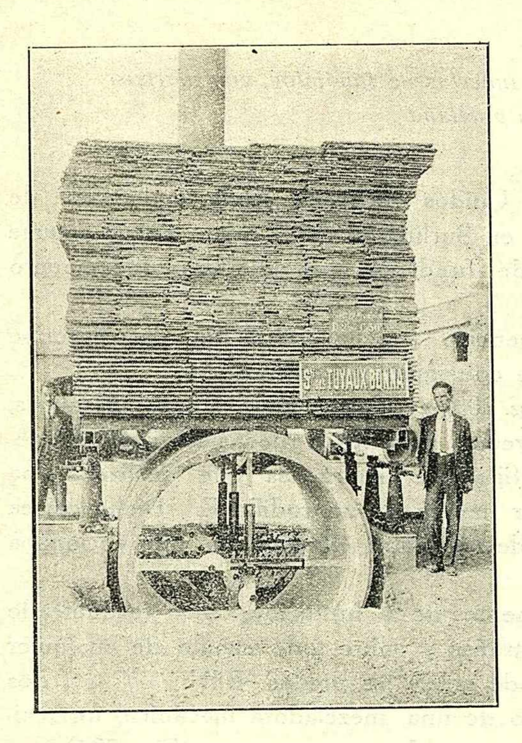


(FIG. 198)

Esquema demostrativo de la forma como se ejecutan las conexiones con las tuberías "Sistema Bonna" en carga

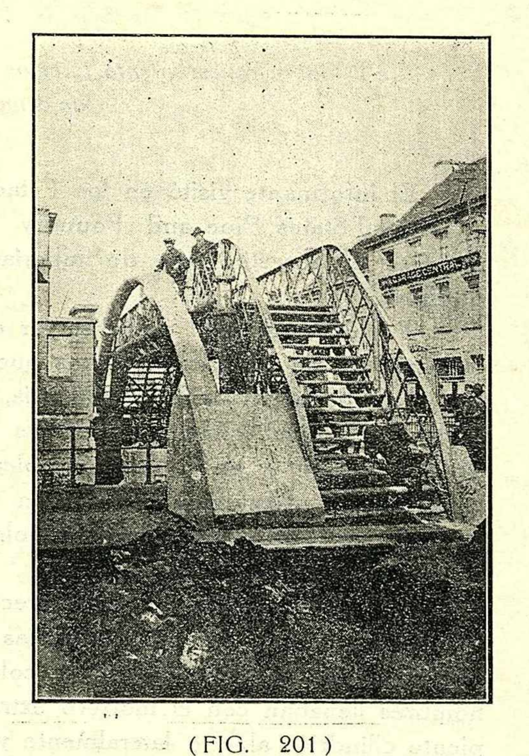
mo en otros tipos de tubos de hormigón armado; que exigen reducidos gastos de conservación; que la superficie interna resiste perfectamente la acción de las aguas, aún de aquellas agresivas; que la colocación en obra es sencilla y no ofrece dificultades. La única observación desfavorable es que son indudablemente más pesados que los tubos metálicos. La aplicación del revestimiento interno por centrifugación, que se hace desde unos años atrás, ha permitido hacer más resistente a la acción de las aguas la superficie interna de los tubos.

Las Figs. 200 a 202 dan una idea de la resistencia de los tubos "Bonna" de fabricación corriente.



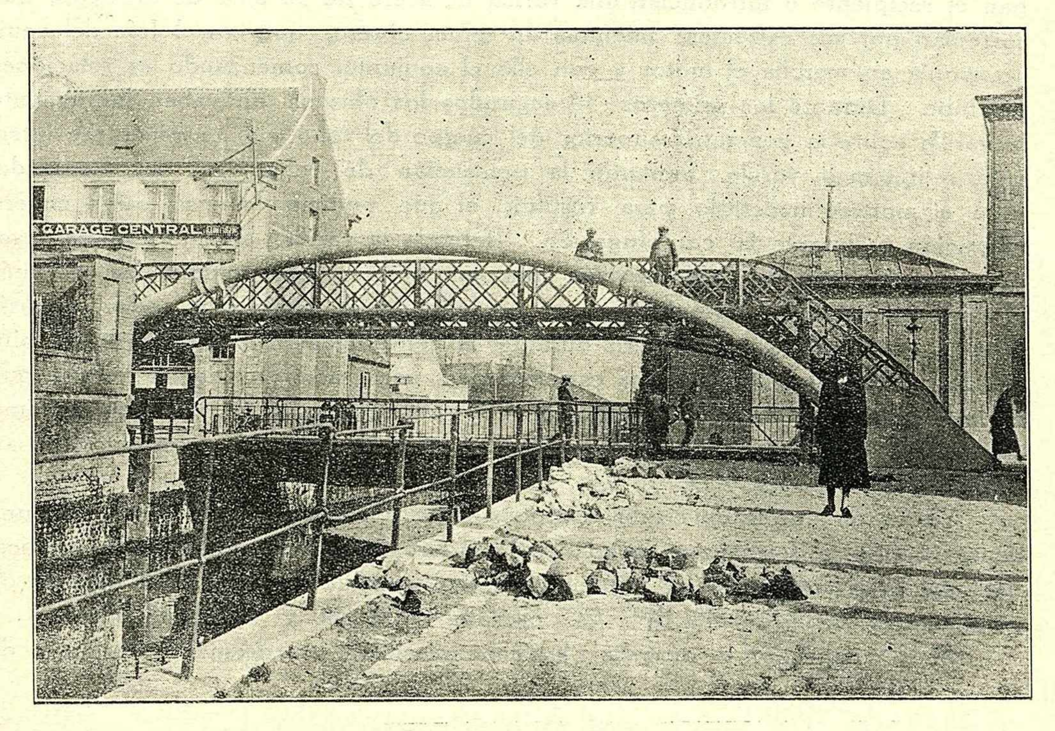
(FIG. 200)

Vista de un tubo "Sistema Bonna" en ensayo



(FIG. 201)

Tubería "Sistema Bonna" en forma de arco



(FIG. 202)

Vista de una tubería "Sistema Bonna" en forma de arco

e) Sobre revestimiento interior de tuberías de fundición, con mortero de cemento portland

El informante visitó en los Estados Unidos de Norte América la usina de la "United States Pipe and Foundry C° en Burlington, N. J, para documentarse respecto al revestimiento de tuberías de fundición con mortero de cemento portland.

Tuvo oportunidad de observar el sencillo procedimiento que se describe enseguida y de recoger los datos que se consignan a continuación.

La instalación utilizada consistía, Fig. 203, en dos árboles A y A' paralelos, colocados a nivel, que tenían en sus extremos volantes o ruedas de igual diámetro B B' y C C' y en su centro poleas fijas D D' sobre las que deslizaba una correa motriz, mantenida en tensión por medio de un rodillo E. Dicha correa deslizaba también alrededor de la polea de un motor eléctrico M, que accionaba el conjunto, y de otra polea fija F.

Cada tubo a revestir venía directamente de la fundición, bien rasqueteado interiormente, libre de arena, materias extrañas y sobre todo exento de cualquier resto de aceite o grasa. Una vez colocado sobre las ruedas B B' — C C', dos hombres llenaban con el mortero extraído de una mezcladora mecánica, un recipiente cilíndrico abierto lateralmente y por uno de sus extremos, (Fig. 204) que contenía la cantidad de mortero necesaria para revestir el tubo, y después de introducirlo dentro de él, volcaban el mortero en su interior. Enseguida retiraban el recipiente e introducían una varilla de acero de 50 mm. de diámetro, que sostenían por sus extremos, mientras un tercer obrero, que era el Jefe del equipo, ponía en marcha el motor y con ello el conjunto, comenzando las rotaciones del tubo. Durante los primeros 30 segundos los obreros apoyaban fuertemente la varilla sobre la generatriz superior del cuerpo del tubo y al terminar ese intervalo, retiraban la varilla, tomando la precaución de echar por las bocas del tubo el mortero necesario para restituir al que pudiera haberse caído en esa operación o durante la centrifugación. Retirada la varilla, sin pérdida de tiempo, se continuaba la centrifugación por un minuto más; retirándose después el tubo, inclinándolo primero con el enchufe hacia abajo para dejar escurrir el agua desprendida del mortero durante la centrifugación y pasándole un pincel de cerdas finas por las dos extremidades para sacarle cualquier rebaba que se hubiera producido. Hecho esto, el tubo era conducido a un lugar próximo dentro del local, colocándosele dos tapones rústicos, Fig, 205, que se retiraban después de 72 horas. (1).

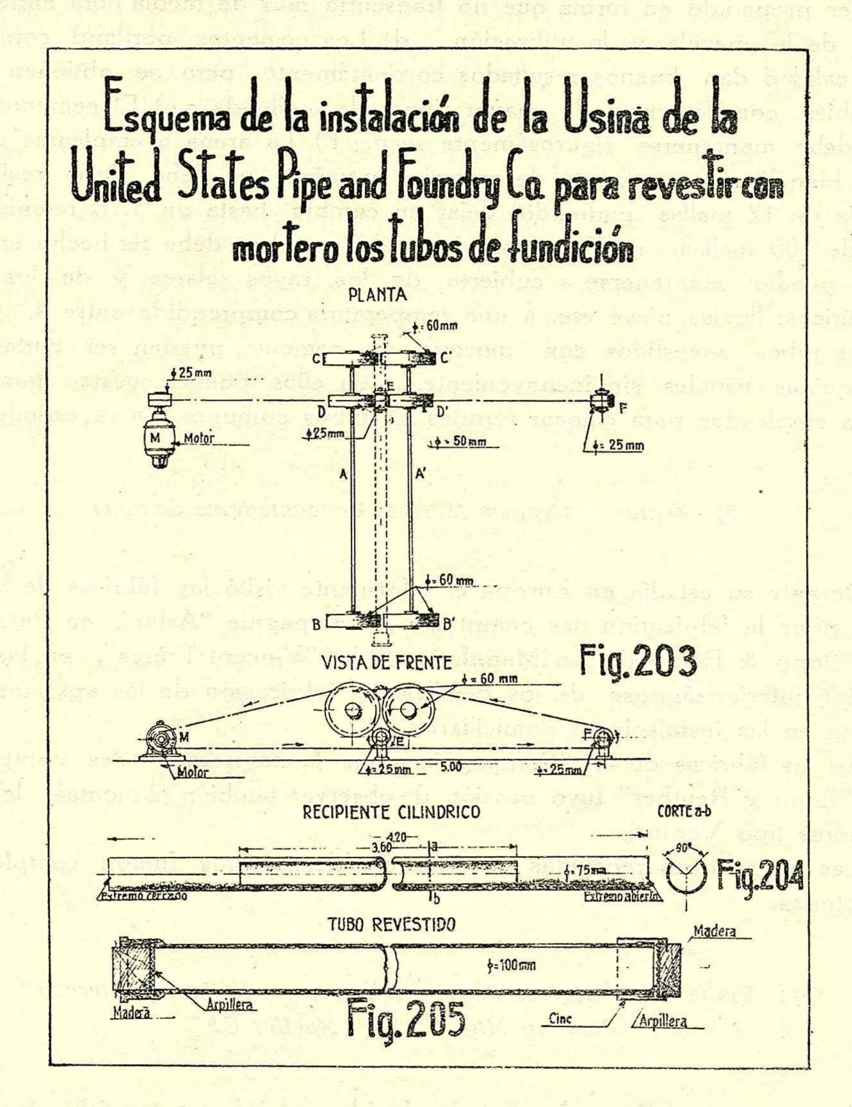
El mortero utilizado estaba compuesto de dos partes de cemento por una de arena fina perfectamente lavada. El mortero tenía una consistencia plástica, pero era preparado con la mínima cantidad posible de agua. El número de revoluciones de las ruedas BB'—CC' oscilaba entre 600 y 900 por minuto.

Si el comprador lo deseaba, los caños recibían exteriormente un baño de

(1) En invierno los tapones se retiraban a las 48 horas, generalmente.

material bituminoso en caliente, tomándose las precauciones necesarias para no alterar con el calor el revestimiento de mortero o su adherencia. El baño no se daba antes de transcurridas 72 horas de aplicado el revestimiento interno.

A juzgar por los tubos que el informante tuvo ocasión de observar, el revestimiento era excelente: liso y exento de grietas, fisuras, protuberancias, etc.



Los tubos eran ensayados a la prensa antes de ser revestidos.

En la usina visitada los espesores empleados para los revestimientos variaban según las especificaciones del comprador, pero oscilaban entre un mínimo de 3.2 mm. (1/8") a un máximo de 4.8 mm. (3/16") para tubos de 100 mm. a 600 mm. de diámetro.

Según los técnicos de dicha usina:

a) Es esencial que los tubos no conserven ningún resto de aceite o grasa sobre la superficie a revestir en el momento de aplicar el mortero, porque en caso contrario se provocaría su desprendimiento. b) Un mortero de tres partes

de cemento por una de arena produce un revestimiento con núcleos que se desprenden con facilidad y que amenudo se fisura, y un mortero de una parte de cemento por otra de arena produce un revestimiento áspero: el dosaje en la proporción 2/1 es el que da en la práctica los mejores resultados. c) El mortero debe ser preparado en forma que no transcurra más de media hora entre el momento de la mezcla y la utilización. d) Los cementos portland comunes de buena calidad dan buenos resultados corrientemente, pero se obtienen mejoras apreciables con cementos de mayor finura de molienda. e) El cemento a utilizarse debe mantenerse rigurosamente seco. f) La arena a emplearse debe ser silicea, bien limpia y exenta de materias extrañas; no debe dejar residuos en el tamiz de 12 mallas pudiendo dejar en cambio hasta un 5 °/o retenido en el tamiz de 100 mallas. g) El revestimiento de los tubos debe ser hecho en locales donde puedan mantenerse a cubierto de los rayos solares y de los agentes atmosféricos: lluvias, nieve, etc., a una temperatura comprendida entre 4.° y 32.° C. h) Los tubos revestidos con mortero de cemento pueden ser cortados con las máquinas usuales sin inconveniente. Con ellos pueden usarse también los taladros empleados para colocar ferrules en tubos comunes sin revestimiento.

f) Visitas a diversas fábricas de contadores de agua

Durante su estadía en Europa el informante visitó las fábricas de la "Compagnie pour la fabrication des compteurs", Compagnie "Aster", en Paris, de la Sdad. "Bopp & Reuther", en Mannhein y de "Vincent Frères", en Haguenau, (Alsacia), interiorizándose de los detalles de fabricación de los aparatos de uso corriente en las instalaciones domiciliarias.

En las fábricas de la "Compagnie pour la fabrication des compteurs" y Sdad. "Bopp y Reuther" tuvo ocasión de observar también el montaje de grandes contadores tipo Venturi.

Las impresiones recogidas en esos establecimientos fueron completamente satisfactorias.

g) Visita a las fábricas de las sociedades "Wallace y Tiernan" "Paradon Mfg. C.°" y "Mueller C.°"

Durante su estadía en los Estados Unidos, el informante visitó las fábricas de aparatos cloradores "Wallace y Tiernan" y "Paradon" y la de materiales para conexiones de provisión de agua potable "Mueller".

Las observaciones realizadas en las dos primeras de esas fábricas le permitió, entre otras cosas, adquirir un conocimiento más completo sobre los aparatos usados en la actualidad en las instalaciones de purificación de nuestro país.

La visita a la fábrica "Mueller" le permitió conocer los tubos de cobre maleable, cuyo uso para la construcción de conexiones domiciliarias aumenta cada día en Norte América, así como los accesorios que se emplean con ellos, y su colocación en obra.

CUARTA PARTE

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DESTINADOS A POTABILIZAR LAS AGUAS DE LOS ABASTECIMIENTOS DE LOS CENTROS URBANOS Y A DEPURAR LAS AGUAS SERVIDAS DE LOS MISMOS.

I. — TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DE PURIFICACION DE AGUA

Fuentes de abastecimiento y obras de captación

La tendencia general en lo que respecta a las fuentes de abastecimiento es, tanto en Europa como en Norte América, hacia la utilización de las aguas más puras por naturaleza, aunque los gastos de primer establecimiento sean elevados, para reducir en todo lo posible la importancia de los tratamientos de purificación.

El mantenimiento de las fuentes existentes en buenas condiciones, es también motivo de general preocupación, extremándose las medidas para evitar causas de nuevas contaminaciones y reducir progresivamente las existentes. En este sentido son notables los trabajos realizados en Alemania, Inglaterra y los Estados Unidos para mejorar la calidad de las aguas de sus ríos y lagos, trabajos que se relacionan principalmente con la depuración de las aguas pluviales y servidas de las poblaciones y las aguas de origen industrial que se vierten en ellos.

De una manera general, las obras de elevado costo y no susceptibles de ensanches parciales fáciles, como las torres de toma y los túneles o conductos de aducción, son construídas con dimensiones suficientes para poder hacer frente a las necesidades cuando las instalaciones de purificación, después de realizados todos los ensanches posibles, alcancen su capacidad límite. Las obras de captación y aducción de las usinas de Toronto, Detroit y Búffalo son un ejemplo de lo que acabamos de expresar.

Procedimientos de purificación

Los procedimientos de purificación adoptados en todas las ciudades son una consecuencia de la composición y características de las aguas captadas y del grado de purificación o mejoramiento que se quiso obtener. Salvo algunas excepciones, en todas partes los tratamientos guardan estrecha relación con el adelanto alcanzado en el pais por las industrias aplicadas a la ingeniería sanitaria, los recursos puestos a disposición de las autoridades competentes o de las empresas explotadoras de los abastecimientos, las exigencias de las autoridades sanitarias encargadas de controlar las aguas distribuídas a las poblaciones y otros factores de importancia secundaria o local.

Como hemos visto, de las ciudades visitadas Estrasburgo, Turin, Milán y

Bruselas se abastecen con aguas del subsuelo que no sufren ningún tratamiento. Madrid y Nueva York consumen las aguas provenientes de embalses escalonados, aguas que en Madrid no sufren de ordinario tratamiento alguno y en Nueva York son cloradas una o más veces (1). Lyon consume agua del subsuelo clorada, lo mismo que una parte de París. La parte restante de esta capital, así como Londres, consumen aguas filtradas, sin coagulación previa, pero cloradas antes de pasar a la distribución. Reims consume agua filtrada previa coagulación y ozonizada posteriormente, Saarbrücken y Olean aguas filtradas, previa aeración, Mannhein aguas simplemente filtradas y el resto de las ciudades aguas filtradas, previa coagulación, con cloración final.

A continuación se hacen algunas consideraciones generales sobre los diversos tratamientos utilizados.

Embalses y depósitos de almacenamiento de aguas brutas

El estacionamiento de las aguas en los embalses escalonados, ha dado excelentes resultados tanto en Madrid como en Nueva York. Con ello se ha logrado anular los perjuicios de las aguas turbias recogidas en los embalses de cabecera en las épocas de lluvias, obteniéndose durante todo el año aguas cristalinas y de un reducido contenido bacteriano, al punto que en el Canal de Isabel II se juzga innecesaria la esterilización con carácter permanente.

En Nueva York se usa la cloración, de acuerdo con los principios sustentados por los técnicos norteamericanos, de que todas las aguas de los abastecimientos públicos deben ser esterilizadas, por lo menos para destruir los efectos de las contaminaciones accidentales o incidentales, siempre posibles en las obras de toma y conducción. La cloración se ha usado en Nueva York además para destruir el gusto y los olores originados por los micro - organismos que se desarrollan en los lagos artificiales, sobre todo en verano.

Se usa además sistemáticamente sulfato de cobre, en cantidades adecuadas para la destrucción de algunas especies predominantes de esos microorganismos.

Las autoridades que tienen a su cargo los abastecimientos de agua de Madrid y Nueva York conocen en sus menores detalles las cuencas tributarias de los embalses y mantienen en ellas una severa vigilancia para descubrir y remover cualquier causa de contaminación de las aguas, antes de que se produzcan sus efectos perjudiciales. Esas mismas autoridades han propiciado la sanción de leyes destinadas a evitar y a combatir la contaminación de las aguas. Las leyes del Gobierno Español y del Estado de Nueva York tienen muchas prescripciones iguales o similares; las prescripciones distintas se relacionan con las condiciones locales de los abastecimientos a que se refieren.

En Londres y Washington el estacionamiento de las aguas de los ríos

---

(1) Recuérdese que en el Canal Isabel II hay instalados aparatos cloradores, pero que no se utilizan corrientemente.

Támesis y Potomac en depósitos de almacenamiento y sedimentación preliminar, ha producido hasta la fecha excelentes resultados, siendo considerables las reducciones obtenidas en la turbidez, el contenido bacteriano y el color de las aguas; provocadas, como es sabido, por la sedimentación que se produce durante el almacenamiento y la acción de los rayos solares. En Londres, sin embargo, el almacenamiento favorece el desarrollo de micro-organismos que acortan notablemente los períodos de funcionamiento de los prefiltros, entre dos limpiezas consecutivas.

En Norte América, donde el uso de los depósitos de sedimentación preliminar no estaba muy difundido, se van generalizando donde se utilizan aguas brutas con gran turbidez, color o elevado contenido bacteriano, con el fin de reducir el trabajo de los filtros.

Indudablemente, el período de estacionamiento de las aguas depende de su composición y de los resultados que se desea lograr en los depósitos de almacenamiento.

Aeración

Este tratamiento está muy generalizado para la eliminación de los gases volátiles producidos por la descomposición de las materias orgánicas o los compuestos que origina el cloro usado como esterilizante, al descomponer las algas o ciertas sustancias provenientes de los residuos de establecimientos industriales, que dan a las aguas sabor y olor desagradables. Se emplea asimismo, con eficacia, para eliminar los excesos de cloro aplicado, y como en Olean y Saarbrücken, para la eliminación por precipitación, del hierro o del hierro y del manganeso. (1)

Según los datos recogidos en las usinas de Saarbrücken y Olean, tanto la aeración a través de los enrejados de madera horizontales (Saarbrücken) como la aeración producida por los pulverizadores (Olean) (2) han dado los resultados deseados. El informante no pudo obtener ninguna referencia sobre los costos de construcción, mantenimiento y conservación de esas instalaciones de aeración, que le permitan establecer la superioridad de un sistema sobre el otro.

Sedimentación previa adición de coagulante

Es extraordinaria la atención que se presta en los Estados Unidos de Norte América y en Canadá a los tratamientos previos a que se someten las aguas antes de su filtración y, de manera especial, a la coagulación y sedimentación que sufren generalmente antes de pasar a los filtros del tipo llamado rápido, tan difundido en esos dos países. El objeto perseguido es reducir el

(1) La precipitación del hierro soluble en las aguas es acompañada casi siempre, por la eliminación del anhidrido carbónico, generalmente en exceso en ellas.

(2) Sistema generalizado en Norte América.

trabajo de los lechos filtrantes, aumentando al mismo tiempo la eficacia de las dos etapas más importantes del proceso normal de purificación. (1)

El coagulante usado en las usinas visitadas es el sulfato básico de alúmina, de 17 a 18 °/o de óxido de aluminio soluble en agua, que es el coagulante que más se emplea todavía en aquellos países; pero según los informes recogidos, cada día es mayor el uso del sulfato ferroso (combinado con la cal o con el cloro gaseoso), del sulfato férrico, del cloruro férrico y preparados industriales que tienen por base los coagulantes mencionados. Indudablemente el empleo de cada uno de esos productos está justificado en cada caso, en primer término, por la calidad de las aguas tratadas.

Para producir una alcalinidad artificial de las aguas cuya alcalinidad natural es insuficiente para la formación de los coágulos insolubles, se usa con igual preferencia, la cal hidratada o el carbonato de sodio (ceniza de soda).

Para la dosificación de los coagulantes, la cal hidratada y el carbonato de sodio, se usaban en las usinas visitadas los aparatos del tipo llamado de dosificación en seco, habiéndose comprobado en todas ellas las ventajas principales de los mismos: sencillez de funcionamiento, regularidad en los dosages, reducida vigilancia, mayor limpieza. Según nuestras averiguaciones el sulfato de alúmina granulado, del tipo que los norteamericanos llaman "rice alum", produce pocas obstrucciones en los mencionados dosificadores, mientras que el sulfato en polvo las suele producir con bastante frecuencia. Los dosificadores de coagulantes en solución son todavía muy usados, pero como están más sujetos a causas de error, por fallas en los flotadores, orificios calibrados, grifos, etc., se van abandonando.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones realizadas en los últimos años sobre el mecanismo de la coagulación y las reacciones que tienen lugar durante ella, en las usinas norteamericanas se hace la dosificación de los coagulantes de modo de obtener por unidad de coagulante agregado, la mayor reducción en la turbidez, el color y el contenido de bacterias y micro-organismos, tratando de mantener en toda época el pH del agua dentro de los límites fijados por la experiencia para la zona de óptima coagulación del coagulante utilizado.

En algunos establecimientos hay gráficos o tablas para la aplicación de los coagulantes en las dosis más convenientes según la época del año, la temperatura del agua y del aire y otros factores de menor importancia; gráficos y tablas que han sido confeccionados de acuerdo con los resultados obtenidos en la práctica durante largos períodos de tiempo, con aguas brutas de diferentes grados de turbidez, color y distinto contenido de materias orgánicas, minera-

(1) En los dos países nombrados se ha comprobado que la reducción bacteriológica obtenida con la sedimentación, previa coagulación, oscila alrededor del 65 °/o, en promedio, en toda usina bien controlada, mientras que la reducción producida por la filtración oscila alrededor de un 31 °/o, también en promedio, pudiéndose atribuir la reducción restante a la cloración final que ordinariamente sufren las aguas antes de pasar a las instalaciones de distribución.

les, etc, Pero generalmente las dosis de coagulante se fijan diariamente como en las usinas dependientes de la Dirección, tratando muestras del agua bruta con cantidades variables del mismo, cal o carbonato de sodio, (1) determinando el pH de cada muestra y observando la cantidad, el tamaño, la consistencia y la densidad de los coágulos formados y optándose por la dosis menor que resulte eficaz.

El informante cree conveniente destacar que en casi todas las usinas visitadas se agitan las muestras utilizadas para las referidas pruebas durante 15 minutos, por medio de agitadores eléctricos que dan aproximadamente 100 revoluciones por minuto. Donde no se dispone de esos dispositivos, la agitación se hace a mano, durante un intervalo de tiempo igual, tomándose las precauciones necesarias para que los resultados de las muestras sean comparables.

Habiendo demostrado la experiencia que ciertas aguas con pronunciado color coagulan mejor cuando la concentración de los iones de hidrógeno es alta, en las usinas que tratan aguas de esa naturaleza se ha llegado a agregarles ácido sulfúrico, simultáneamente con el sulfato de alúmina, para producir el pH necesario para obtener la coagulación óptima. Para evitar los efectos corrosivos de las aguas así tratadas se les agrega cal después de filtradas, en la forma que diremos al hablar de las "Prácticas seguidas para impedir la agresividad de las aguas".

Las dosis determinadas en el laboratorio sufren generalmente una corrección para asegurar en la práctica la sedimentación de las partículas más finas en suspensión, las bacterias y micro-organismos. En algunas usinas las dosis usuales son de un 10 °/ₒ a un 20 °/ₒ mayores que los mínimos calculados en base a los resultados obtenidos en las pruebas previas, para compensar las irregularidades que sobrevienen en las operaciones a gran escala.

Todas las usinas visitadas en los Estados Unidos tienen cámaras de mezcla del tipo llamado "around-the-end", es decir con tabiques de fondos verticales, generalmente paralelos, adosados por uno de sus extremos a los muros de la cámara, formando un canal contínuo, que el agua atraviesa con movimiento horizontal. El tipo de cámara de mezcla con tabiques de fondo y superficie, que el agua atraviesa con movimientos verticales, se va dejando de emplear, debido a que exige mayores desniveles y ofrece dificultades serias para su limpieza.

El informante no tuvo ocasión de ver ninguna instalación con mezcladores o agitadores mecánicos, cuya difusión es grande actualmente en Norte América, porque permiten controlar la agitación. Muchos operadores, sin embargo, los consideran inferiores a las cámaras.

El período de mezcla variaba, indudablemente, de una usina a otra, debido a la distinta composición y característica de las aguas tratadas. En Detroit, el período de mezcla era insuficiente, terminándose la operación en los tanques de decantación. Según varios informantes nuestros, los períodos de 20 minutos dan en general buenos resultados, si se asegura al agua una velocidad de des-

(1) Para obtener la formación de coágulos de buen tamaño, consistencia y densidad en algunas usinas se agrega además arcilla o tierra arcillosa, en dosis apropiadas.

plazamiento comprendida entre 30 y 45 cm. por segundo, pero la tendencia en los últimos años ha sido a aumentar la duración del período de mezcla, siendo muchas las usinas donde llega a 30 minutos y hasta una hora. Según E. S. Hopkins, Químico Principal de la usina de Baltimore, los mejores resultados se obtendrían agitando violentamente la mezcla durante 2 o 3 minutos, con una velocidad de 60 cm. por segundo, para provocar las reacciones físico-químicas, y continuando la agitación por 10 o 15 minutos más, con velocidad decreciente hasta un mínimo de 15 cm. por segundo, con lo que se provocaría la formación de coágulos de gran tamaño y peso específico, capaces de arrastrar al decantar, las materias más finas en suspensión y las bacterias. Sin embargo, para algunos técnicos no estaría justificado el exceso de costo para producir la intensa agitación inicial.

En todas las usinas visitadas el coagulante o coagulantes se agregaban a la entrada de las cámaras de mezcla, pero en alguna de ellas los días que las aguas llevaban crecida turbidez se agregaba el coagulante dos veces, a la entrada de las cámaras de mezcla y en medio de su recorrido en los tanques de decantación.

Solo en la usina de la ciudad de Toronto el agua después de la adición del coagulante pasaba a los filtros sin decantación previa, por así exigirlo el tipo de filtros utilizado.

Las canalizaciones de conducción del agua de las cámaras de mezcla a los tanques de sedimentación, así como sus llaves o compuertas, tenían las secciones necesarias para no provocar la rotura de los coágulos formados, que reduciría considerablemente la eficacia de la decantación.

Todos los tanques de decantación o sedimentación que el informante pudo observar fueron construídos de acuerdo con los principios generales aplicados entre nosotros. El perído de decantación variaba, indudablemente, de una usina a otra, pero de los datos recogidos parece deducirse que la duración media más conveniente es la de 4 horas. En Cleveland, numerosas experiencias realizadas para controlar la reducción bacteriológica producida por la decantación, haciendo variar la duración de la misma, han constatado que el período de decantación varía en razón directa con la densidad del agua. Cuando ésta tenía su máxima densidad era necesario un período de 8 horas, mientras que en otras épocas eran suficientes de 2 a 6 horas para obtener la misma reducción bacteriológica.

En todas las usinas se controlaba regularmente la eficacia de la coagulación a la entrada de los tanques de decantación. En Baltimore se extraía en ese lugar cada hora, tanto de día como de noche, una muestra de agua, en un vaso de gran altura y paredes rectas, de un litro de capacidad, tratando de no agitar el líquido. El vaso se dejaba reposar 15 minutos y si transcurrido ese intervalo la muestra acusaba una franja o zona de líquido transparente, coronando una aglomeración de coágulos, se consideraba correcto el dosaje de coagulante utilizado. En otras usinas se juzgaba correcta la dosificación cuando la muestra, extraida en igual forma, acusaba coagulos nítidamente formados en el seno de un líquido claro, al ser expuesta ante una ventana o lámpara, después de 15 minutos. En otros establecimientos se filtraba la muestra a través

de papel filtro grueso y lavado, considerándose buena la coagulación cuando el líquido filtrado era cristalino.

La eficacia de la sedimentacin se verificaba a la salida de los tanques de decantación, apreciando en una forma sencilla la transparencia del agua. Como norma general se trataba de que el agua decantada tuviera la menor turbidez posible, aumentándose la dosis de coagulante cuando se notaba un exceso de aquella, no atribuible a acumulación de sedimentos en los tanques. (1) En ninguna usina la turbidez del agua decantada era superior a 10 p. p. m. y en muchas era de 2 p. p. m., ordinariamente.

En algunos establecimientos es corriente regular los procesos de coagulación y sedimentación manteniendo constante el tiempo que tardan las muestras de agua retiradas a la entrada de los tanques, en producir un líquido decantado de igual turbidez que el agua que pasa a los filtros. El procedimiento exige una corrección en invierno, debido a que la consistencia de los coágulos en los tanques es menor que la de los obtenidos en el laboratorio, a causa de las diferencias de temperatura.

El informante no tuvo ocasión de ver aplicados los dispositivos de remoción mecánica que se usan en la actualidad en las usinas del medio Oeste de los Estacos Unidos de Norte América, que tratan aguas con gran cantidad de sedimentos. Esos dispositivos son generalmente del tipo Dorr, similar a los utilizados en los tanques de sedimentación simple de algunas de las estaciones de depuración de aguas servidas descriptas: Red Bank, Toronto, etc.

Prefiltración o filtración preliminar

Se ha dicho como se realizaba la prefiltración en París, Sevilla y Londres, como medio de aumentar la eficacia de los filtros lentos y aumentar su capacidad de producción, y como trabajaban en la usina de Ivry, de la primera de esas ciudades, los desbastadores o lechos de cantos rodados, en combinación con prefiltros y filtros lentos. Después de lo expuesto el informante juzga innecesario hacer nuevos comentarios sobre este género de instalaciones, que dicho sea de paso, tanto en Paris como en Sevilla y Londres, llenaban a satisfacción los cometidos para que fueron construidas.

Filtros de arena del tipo inglés o lentos

Los filtros lentos de las usinas de Sevilla, Londres y Toronto tienen características similares y fueron construídos de acuerdo con las prácticas inglesas más modernas en materia de filtración lenta. Los filtros de Paris acusaban sensibles diferencias.

(1) Hasta hace unos años era general la creencia de que debía pasar a los filtros una parte de los coágulos para asegurar su buen funcionamiento. Posteriormente se ha comprobado que conviene que ella sea lo más reducida posible.

Los filtros de la usina de Walton pueden considerarse los más perfeccionados, y como en la Parte Segunda se han consignado en detalle sus características de construcción, funcionamiento y conservación, el informante juzga innecesario hacer a su respecto nuevas consideraciones.

En razón de la reducida turbidez natural del agua bruta en Toronto y de los tratamientos previos que reciben las aguas utilizadas en Paris, Sevilla y Londres, los filtros lentos de las usinas de esas cuatro ciudades funcionan sin los inconvenientes observados en otras localidades, y producen efluentes de muy buenos caracteres físicos y reducido contenido bacteriano.

Filtros de arena del tipo norteamericano o rápidos

Los datos y consideraciones que siguen están fundados principalmente en las informaciones recogidas en los Estados Unidos de Norte América donde, como es sabido, fué aplicado por primera vez este tipo de filtro y donde su construcción y funcionamiento siguen siendo motivos de serios estudios y valiosas experiencias

No hay normas fijas para determinar las dimensiones de los lechos filtrantes, que en cada caso dependen del valor de los terrenos, la disposición de los edificios, las previsiones tomadas para facilitar las operaciones durante el funcionamiento de las usinas, etc Parece, sin embargo, que no es conveniente hacer unidades de más de 140 $m.^2$ de superficie, porque la disposición de los drenajes, de las canaletas de desagüe, etc. se complica. (1) Por regla general se aconseja hacer el largo de los lechos de un 10 a un 30 °/ₒ mayor que el ancho, pues de ese modo, a igualdad de superficie, se tendrá una economía en la longitud de las tuberías de la galería de tubos y las distancias que el operador u operadores deberán recorrer diariamente serán más reducidas. Las canaletas de desagüe se disponen mejor en los lechos angostos que en los lechos anchos. Muchas veces el ancho mínimo está determinado por las dimensiones de las piezas de fundición de la galería de tubos necesarias para cada unidad o para el emplazamiento de los pedestales de las llaves de paso, si son de accionar a mano por medio de volantes.

Todos los técnicos están de acuerdo en que las redes de drenaje deben proyectarse tratando de contemplar los siguientes principios generales: reducida pérdida de carga por fricciones, la más perfecta distribución del agua de limpieza, duración de los materiales en servicio, fácil conservación, bajo costo inicial, facilidad para hacerles reparaciones.

Los tubos de fundición con orificios revestidos o protegidos con boquillas de bronce, constituyen el material más usado para las redes de drenaje. Le siguen en orden de preferencia los tubos con coladores de bronce. Los dre-

---

(1) Al describir la usina de Walton se expresaron las razones que tuvo en cuenta la Junta Metropolitana de aguas, de Londres, para adoptar un área de 38.70 $m.^2$ para los prefiltros, que para el punto en cuestión pueden considerarse como verdaderos filtros rápidos.

najes formados de tablas de pino-tea, como en Baltimore, no se han vulgarizado porque en la práctica no han dado muy buenos resultados.

La elección y disposición de la gravilla en los lechos, se considera lo más fundamental para asegurarles una larga vida. El espesor de la capa de gravilla varía de 30 a 60 cm. en las usinas norteamericanas, habiendo probado la experiencia que si se gradúan bien los granos, es posible con una capa de 45 cm. evitar la evasión de la arena y asegurar una uniforme recolección de las aguas filtradas, y lo que es más importante, una uniforme distribución del agua de limpieza. Hasta la fecha no hay especificaciones o normas generales referentes a las dimensiones que ha de tener la gravilla. Para los filtros de la gran usina de Springwells Station de la ciudad de Detroit, que estaba en construcción cuando el informante visitó esa ciudad, el "Departamento de abastecimiento de agua" estableció los seis tamaños de gravilla que a continuación se indican:

Gravilla gruesa

Gravilla N.° 1 — Constituída por cantos rodados elegidos uno a uno de 50.8 a 76.2 mm.

» » 2 — Constituída por cantos rodados de dimensiones tales, que no más del 10 °/ₒ en peso sea retenido en un tamiz de agujeros circulares de 50.8 m. m. de diámetro y no más del 5 °/ₒ pase a través de un tamiz de mallas cuadradas de 25.4 m. m.

» » 3 — Constituída por cantos rodados de dimensiones tales, que no más del 10 °/ₒ sea retenido en un tamiz de mallas cuadradas de 25.4 m. m. y no más del 10 °/ₒ pase a través de otro tamiz similar de mallas de 15.9 m. m.

Gravilla fina

Los tamaños de los granos en cada uno de los tres tipos de gravilla fina debían ser tales, que no más del 10 °/ₒ en peso quedara retenido en un tamiz de mallas cuadradas de la dimensión máxima establecida y no más del 10 °/ₒ pasara a través de otro tamiz similar con mallas de la dimensión mínima establecida. Esas dimensiones máximas y mínimas fueron:

	Dimensión máxima	*Dimensión mínima*
Gravilla N.° 4 —	19.1 m. m.	9.5 m m.
» » 5 —	9.5 »	4.8 »
» » 6 —	4.8 »	1 6 »

En cada tipo de gravilla los cantos rodados o granos debían mantener una graduación razonable dentro de los límites especificados.

Los cantos rodados o granos debían ser limpios, sanos, duros, redondeados, de elevado peso específico; libres de adherencias, arenas, barro, arcilla, suciedad o materias orgánicas, No más del 5 °/。 en peso del material podía consistir en fragmentos angulares. Los máximos porcentajes de materias extrañas no debían exceder de estos límites:

Materias separables por decantación:	1/2 °/。	en peso
Esquistos, fragmentos blandos y carbón:	1/2 °/。	» »
Cantos chatos, largos o laminados:	1 °/。	» »

Para la gravilla fina se estableció además, que, machacada y puesta en digestión por 24 horas en ácido clorhídrico concentrado, por lo menos el 95 °/。 debía permanecer insoluble.

En todo lo relativo a métodos de ensayos, etc. las especificaciones establecían que se seguirían las últimas especificaciones de la American Society for Testing Materials, sobre materiales para la confección de hormigones.

Las especificaciones transcriptas pueden considerarse como una muestra del criterio que prima hoy día en los Estados Unidos de Norte América, respecto a la gravilla para lechos filtrantes.

Donde la arena usada contenga granos gruesos, el tamaño menor de la gravilla fina puede limitarse en 3 mm. sin inconveniente.

En cualquier caso, al colocar en obra el material filtrante deberán extremarse las precauciones al emplazar la última capa de gravilla y la primera de arena, para evitar perturbaciones durante el funcionamiento.

Es sabido que la calidad de las aguas a filtrar, el sistema de la limpieza de los lechos y otros factores secundarios determinan principalmente el espesor de la capa y el tamaño de los granos de la arena a utilizar en los filtros; de ahí que no puedan establecerse normas inflexibles respecto a la constitución de los lechos.

El espesor de la capa de arena de los filtros varía en Norte América de 60 a 75 cm. Para los filtros de la nueva usina de la ciudad de Detroit, sin embargo, se fijó un espesor de 50 cm., después de prolongados estudios que pusieron de manifiesto que no se justificaba un espesor mayor.

Como sucede con la gravilla, todavía no se han establecido especificaciones o normas definitivas referentes al tamaño de los granos de arena. En opinión de numerosos técnicos, casi está todo por decir respecto a las condiciones que debe llenar una arena para filtros rápidos. Buscando ampliar el campo de los conocimientos sobre el asunto, la Sociedad de Ingenieros Civiles de los Estados Unidos ha nombrado una junta de técnicos para estudiarlo. Sólo se conocen los primeros resultados obtenidos en los ensayos realizados a iniciativa de esa Junta, con filtros experimentales, en algunas usinas de filtración, los que todavía no han permitido establecer conclusiones definitivas

La tendencia actual en los Estados Unidos es hacia la utilización de arenas de granos gruesos, admitiéndose de una manera casi general que ellas dan mejores resultados que las arenas de grano fino. El tamaño efectivo oscila entre 0.45 y 0.55 m. m. Las arenas gruesas no producen en ciertos casos una reducción bacteriana tan grande como las arenas finas, pero permiten que las

limpiezas de los lechos se hagan con más uniformidad y originan menos contratiempos durante la filtración.

Según la mayoría de los técnicos, con una decantación eficaz en todo tiempo, no hay razón para especificar arenas de tamaño efectivo menor de 0.4 mm., pues de lo contrario, sin aumentar sensiblemente la eficacia de los lechos, se aumentaría la importancia de las pérdidas de carga por fricción y el consumo de agua utilizada en las limpiezas de los mismos.

A continuación se agregan las especificaciones formuladas por el "Departamento de abastecimiento de agua" de la ciudad de Detroit, para la arena de los filtros de la nueva usina de Springwells Station. Convendrá tener presente que ese material guarda íntima relación con la velocidad ascensional prevista para el agua de limpieza, de la que hablaremos más adelante.

El tamaño efectivo de la arena no debía ser inferior a 0.45 mm. ni superior a 0.50 mm. y el coeficiente de uniformidad no debía ser inferior a 1.20 ni superior a 1.40 Sólo el 30 °/₀ en peso podía ser inferior a 0.50 ÷ 0 60 mm., el 90 °/₀ inferior a 0.75 ÷ 1.15 mm., y el 98 °/₀ inferior a 1.00 ÷ 1.7 mm. El 100 °/₀ de la arena debía pasar por el tamiz de mallas de 2 mm. El 100 °/₀ de la arena debía ser retenido en el tamiz "Tyler" de 48 mallas. Las especificaciones establecían algunas tolerancias que no juzgamos necesario reproducir.

El porcentaje máximo de partículas angulosas se limitaba en un 20 °/₀.

La arena debía ser limpia, de granos sanos, duros, redondeados; libres de adherencias, arcilla, suciedad o materias orgánicas. Debía ser lavada y tamizada. No debía poderse remover por decantación más del $^1/_2$ °/₀; las partículas chatas o micáceas no debían exceder del 1 °/₀. Machacada y puesta en digestión por 24 horas en ácido clorhídrico concentrado, por lo menos el 95 °/₀ debía permanecer insoluble.

Los tamices a usarse en el control de la arena debían ser rigurosamente calibrados. Las dimensiones especificadas para las mallas eran las dimensiones de sus luces ("Separation size") tal como se describen en el conocido "Manual of Water Works Practice" Los tamices a usar eran los números 10, 14, 16, 20, 24, 28, 32, 35, 42, 48 y 65 de la serie normal.

Como se apreciará, los técnicos de Detroit han sido partidarios de la arena de grano muy uniforme. Otros técnicos sin embargo, son de opinión que manteniendo una graduación correcta entre los granos, no hay ventajas en establecer un coeficiente de uniformidad inferior a 1.5.

Además de especificar el tamaño efectivo (en relación al cual el 10 °/₀ de la arena, en peso, es más fino) algunos técnicos recomiendan especifican los tamaños en relación a los cuales el 1 °/₀ o el 2 °/₀, de la arena, en peso, es más fino, fijando generalmente esos tamaños en 0.7 o 0.8 del tamaño efectivo.

Para algunos constructores de instalaciones de filtración, la forma de los granos de la arena, no tiene importancia.

En sustitución de la arena se han usado otros materiales, pero aquella resulta la más conveniente por su comportamiento en obra y bajo precio.

Las canaletas de desagüe de todos los filtros tenían el área necesaria para permitir el alejamiento de las aguas de limpieza y sus bordes a nivel y

a una distancia que oscilaba alrededor de 60 cm. del nivel superior de la arena en reposo. Para evitar la evasión de arena fina durante las limpiezas, se recomienda especialmente que la parte inferior de las canaletas esté a un nivel por lo menos 5 cm. por encima del que alcance la arena al expandirse durante las limpiezas. La distancia entre una canaleta y sus inmediatas no excedía de 1.50 m., medida entre los planos de sus superficies laterales internas.

De las usinas visitadas, sólo en las tres más pequeñas, la de Olean y dos antiguas usinas en Baltimore y Niágara Falls, del lado del Canadá, las llaves se accionaban a mano. En las usinas restantes se accionaban hidráulicamente o eléctricamente, solución que se justificaba teniendo en cuenta que eran grandes establecimientos, donde el ahorro de tiempo y de esfuerzos es esencial. Por otra parte, es sabido que las válvulas no accionadas a mano exigen menos espacio y permiten dar a las galerías o salas de operación un aspecto más sencillo y elegante, pues las manivelas de control se emplazan cómodamente en mesas, conjuntamente con los aparatos indicadores y registradores de caudales filtrados y pérdidas de carga.

Todos los filtros norteamericanos tenían controladores de filtración con dispositivos indicadores de caudal, por lo menos. Los controladores más generalizados en Norte América eran de los tipos usados por la Dirección, provenientes de las fábricas "Simplex Valve & Meter Co." y "Builders Iron Foundry". Los más completos tenían aparatos registradores gráficos. Todos los lechos tenían además aparatos indicadores de las pérdidas de carga y en algunas usinas esos aparatos estaban complementados con dispositivos registradores gráficos. En todas las usinas los controladores eran cuidadosamente inspeccionados y regulados con suma frecuencia, para evitar los graves inconvenientes de su funcionamiento irregular.

En la mayoría de las usinas norteamericanas la velocidad de filtración era la conocida como normal, es decir, la que permite filtrar unos 115 m.^{3} por metro cuadrado de lecho, cada 24 horas, aproximadamente. Los filtros de la nueva usina de Detroit, fueron proyectados, sin embargo, para tratar hasta 149 m.^{3} por metro cuadrado, cada 24 horas, entre otras razones, porque el agua bruta en Detroit es relativamente clara y ordinariamente de reducido contenido bacteriano.

Los filtros funcionan en casi todas las usinas a velocidades constantes y la pérdida de carga varía generalmente en esas unidades de 0.30 — 0.60 m., al iniciarse un período de funcionamiento, a 2.40 — 3.60 m., al finalizar dicho período. Actualmente hay una tendencia a hacer la profundidad de los lechos o cajas de los filtros unos 50 cm. mayor que la pérdida de carga máxima prevista para el funcionamiento, con el fin de anular la posibilidad de que se produzcan acumulaciones de aire en los filtros, siempre perjudiciales para el funcionamiento de los mismos y de los aparatos de control.

En las usinas norteamericanas no se emplean sino por excepción, flotadores para regular el nivel del agua sobre los lechos, como en los prefiltros de las usinas de Londres.

En los Estados Unidos de Norte América y el Canadá es general el empleo de agua a alta velocidad para la limpieza de los lechos. En Inglaterra se pre-

fiere la limpieza con insuflación de aire y agua a baja velocidad, como se dijo al describir las usinas de Londres.

En estos últimos años se ha trabajado mucho en los Estados Unidos para eliminar las causas de los serios inconvenientes observados con frecuencia en el funcionamiento de los lechos filtrantes: reducidos períodos de funcionamiento entre dos limpiezas, terrones duros y bolas de barro, contracciones y agrietamiento de los lechos, etc.

Muchos investigadores han llegado a admitir que la velocidad ascencional del agua de lavado corrientemente usada, de 61 cm. por minuto, (610 litros por metro cuadrado y por minuto) es la causante de esas irregularidades, por ser insuficiente para dejar limpios los lechos. Hulbert y Herring, de Detroit, han afirmado después de laboriosas experiencias, que es necesario obtener una expansión de la arena del 50 °/。 durante las limpiezas, para que los lechos queden en perfectas condiciones, y que por lo menos, es necesario obtener una expansión del 40 °/。 para asegurar su conservación. (1)

Como la expansión de un lecho depende de la velocidad y de la vizcosidad del agua de limpieza, a igualdad de tamaño, forma, peso específico y demás características de los granos de la arena, según los dos experimentadores ultimamente citados, en verano se necesitará usar el agua de limpieza a velocidades mayores que en invierno, dada su menor vizcosidad o mayor fluidez.

Los mismos investigadores consideran además que es esencial para asegurar la buena conservación de los lechos filtrantes, que la arena esté siempre limpia, es decir, con sus granos libres de la envolvente gelatinosa, color marrón oscuro, que suele adherírseles después de un cierto tiempo de funcionamiento con determinadas aguas o cuando los lechos no se limpian perfectamente. (2)

Según ellos, las cantidades de agua necesarias para las limpiezas, manteniendo la arena con una expansión del 50 °/。, no son mayores que las usadas hasta la fecha, sin tener en cuenta la expansión de los lechos.

Las instalaciones de limpieza de los filtros de la nueva usina de Detroit han sido previstas para responder a las normas aconsejadas por los citados investigadores.

Experiencias realizadas en Cleveland y otras ciudades han confirmado lo afirmado por Hulbert y Herring.

En Baltimore las limpiezas con una duración de 4 minutos, por medio del agua a la velocidad ascensional de 0.87 m. por minuto, (870 litros por metro cuadrado y por minuto) han resultado las más económicas.

En otras usinas la máxima eficacia y economía de las limpiezas se obtuvo elevando la velocidad ascensional a 0.95 m. por minuto, especialmente en verano.

En las experiencias realizadas ultimamente en la ciudad de Kansas no se

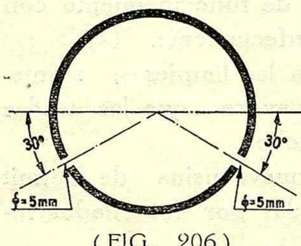
---

(1) La expansión de un lecho de arena se mide teniendo en cuenta la altura a que se eleva durante las limpiezas su superficie, sobre el nivel de trabajo. Se expresa como porcentaje del espesor del lecho, pues se ha visto que cualquiera que sea la velocidad del agua de limpieza la expansión es proporcional a ese espesor.

(2) Hubo una época en que se creía que si los granos de la arena estaban rodeados o recubiertos por esa película gelatinosa los filtros marchaban mejor. Hoy día todos los técnicos están de acuerdo en que conviene mantenerlos lo más limpios posible, para evitar un sinnúmero de inconvenientes durante el funcionamiento de los filtros.

halló ninguna diferencia en el estado de los lechos cuando la expansión de la arena durante las limpiezas pasó del 45 °/₀. Pero esas experiencias demostraron, sin embargo, que es necesario asegurar una expansión del 40 °/₀ cuando la temperatura del agua excede de 21.1° C., para dejar los lechos en buen estado.

Es de hacer notar que en algunas usinas donde es muy difícil evitar el pasaje de los coagulos a través de los filtros, sobre todo en invierno, por deficiente coagulación, se ha comprobado que ni aún utilizando una velocidad ascensional de 0.965 m. por minuto pudo asegurarse la eficacia de las limpiezas. Teniendo en cuenta esto, el Ing.° Baylis, de Chicago, a quien se deben importantes investigaciones sobre purificación de agua, considera que los agitadores mecánicos o la agitación superficial complementaria, aplicada en la forma que explicaremos enseguida, ofrecen las mejores soluciones para eliminar los inconvenientes constatados en la práctica con los métodos ordinarios. Como los agitadores no pueden colocarse en los lechos rectangulares, que son la mayoría de los actualmente en funcionamiento, el citado técnico se inclina decididamente por la segunda solución. Para producir una agitación superficial de los lechos, al mismo tiempo que actúa el agua de limpieza aplicada en la forma corrientemente usada, el Ing.° Baylis aconseja colocar por encima de los lechos, a unos 2.5 cm del nivel de la arena, una red formada por tubos paralelos, separados uno de otro de 45 a 60 cm, con agujeros de 5 mm. de diámetro, perforados cada 30 cm. en la forma que indica el croquis Fig 206. La velocidad ascensional del agua de limpieza puede reducirse a 45 cm. por minuto, y hasta a 40 cm. por minuto, siempre que sea suficiente para levantar la arena. La cantidad de agua restante (160 o 210 litros por metro cuadrado y por minuto) hasta completar el caudal ordinariamente utilizado en las limpiezas, es la que se aplica superficialmente; después que se ha introducido el agua ascendente y removido la arena.



(FIG. 206)

La doble agitación, según el mencionado investigador, resulta de gran eficacia.

El Ing.° Paterson, uno de los primeros constructores de filtros de Inglaterra, consultado por el informante expresamente sobre los métodos de limpieza de los filtros rápidos, consideraba que sólo por medio del aire insuflado y el agua a baja presión pueden mantenerse limpios los lechos filtrantes, siendo contrario al sistema de limpieza difundido en los Estados Unidos de Norte América. Los técnicos norteamericanos han reconocido amenudo la excelencia del sistema defendido por el Ing.° Paterson, a pesar de considerarlo inaplicable en las grandes usinas de los Estados Unidos y el Canadá, por razones económicas.

El informante tuvo ocasión de observar en una usina de los Estados Unidos, de muy reciente construcción y a cuyo frente se hallaban técnicos de primer orden, bolas de barro y grietas y fisuras en los lechos filtrantes, que sin ningún género de duda, debían atribuirse a la ineficacia de las limpiezas realizadas con agua a la velocidad ascensional normal de 61 cm. por minuto.

A su juicio el sistema más eficaz de limpieza es el basado en la utiliza-

ción de aire y agua. (1) Donde como en nuestro país, se prefiera por razones económicas y simplicidad en las instalaciones, el agua a alta velocidad solamente, convendría prever de acuerdo con las recomendaciones de Hulbert y Herring, por razones de prudencia, los tanques de almacenamiento del agua necesaria o las bombas de lavado, de manera que si fuese preciso aumentar la velocidad ascensional del agua hasta 90 cm. por minuto, sea siempre posible hacerlo. El incremento de costo de las estructuras o de la maquinaria estaría justificado. Deberá tenerse presente, sin embargo, que las conclusiones de Hulbert y Herring se basan en la utilización de arenas gruesas y que las limpiezas a las velocidades aconsejadas por ellos obligan a tomar algunas precauciones, para evitar alteraciones graves en los lechos.

En todas las usinas los filtros se limpiaban generalmente cuando los indicadores de pérdida de carga señalaban un aumento de 2.00 a 3.00 m. sobre la pérdida inicial, que no era en ningún caso superior a 60 cm. Donde la arena de los filtros era gruesa y la penetración de los coágulos daba al efluente una turbidez perjudicial antes de alcanzarse las pérdidas de carga indicadas, las limpiezas se regulaban teniendo en cuenta la calidad del efluente.

Es una norma general apreciar la eficacia de las limpiezas por la transparencia del agua utilizada, al pasar sobre el coronamiento de las canaletas de desagüe. Es sin duda, un procedimiento imperfecto, que supedita los resultados a la habilidad de los operadores y a las condiciones de iluminación de las salas de filtros, pero no hay otro más sencillo.

Se aconseja que la turbidez del agua al final de una limpieza sea la menor posible, habiéndose observado que en las usinas bien controladas esa turbidez no pasa de 100 p. p. m. y a menudo ni alcanza a 50 p. p. m. En Baltimore se trataba de mantener esa turbidez en 75 p. p. m., cualquiera que fuese la velocidad del agua utilizada.

Es indudable que dicha turbidez mínima o límite debe ser determinada en cada usina, teniendo en cuenta los factores locales que la afectan. Una vez fijada se podrán regular las limpiezas manteniendo su duración el tiempo necesario, que la experiencia permitirá determinar siempre para cada una de las velocidades ascensionales utilizadas para el agua en esa operación, durante las distintas épocas del año.

El volumen medio de agua utilizado en una limpieza no excedía en ninguna usina del 2.5 °/₀ del caudal filtrado entre dos limpiezas consecutivas, pero puede admitirse como normal hasta un 4 °/₀.

Por lo general, los filtros de las usinas visitadas trabajaban las veinticuatro horas del día, pero cuando por cualquier causa trabajaban solamente una parte, se limpiaban al terminar cada período de funcionamiento, o por lo menos una vez al día, para evitar el desarrollo de bacterias sobre los lechos durante los períodos de reposo, que se vería favorecido por la acumulación de materias orgánicas.

(1) Es usual el empleo de agua a la velocidad ascensional de 0.37 m. por minuto (370 litros por metro cuadrado por minuto) y aire en la proporción de 240 litros por metro cuadrado por minuto, pudiéndose aumentar el volúmen de aire si se juzga conveniente para mantener los lechos en mejor estado.

Como en las usinas dependientes de la Dirección, al comenzar una limpieza se descendía el nivel sobre los filtros hasta unos 15 cm. sobre el nivel de la arena y se aplicaba el agua a una velocidad de 0.40 m. por minuto (400 litros por metro cuadrado y por minuto) hasta romper la capa superior de la arena, aplicándose después el agua a la velocidad máxima fijada.

En todas las usinas se realizaban frecuentes y minuciosas inspecciones de los lechos filtrantes, para asegurar la eficacia de su funcionamiento.

El agua de limpieza era suministrada en la mayoría de las usinas visitadas por tanques elevados, emplazados generalmente en la torre del cuerpo central del edificio destinado a casa de filtros. La solución ideada por los constructores de la usina de Kempton Park, en Londres, para obtener el aire comprimido en combinación con el tanque de agua de limpieza, es muy ingeniosa y digna de destacarse.

Para la destrucción de las bolas de barro, terrones duros y demás inconvenientes atribuibles a limpiezas imperfectas, en los Estados Unidos y el Canadá se usa preferentemente la lanza, en forma similar a la que hemos expuesto al hablar de las usinas de París, o simples punteros de agua a presión, de 19 o 25 mm. de diámetro. El uso de tamices, rastrillos y horquillas durante las limpiezas, para destruir esas acumulaciones perjudiciales, está menos generalizado en las grandes usinas que en las pequeñas.

Para expulsar el aire confinado en los lechos filtrantes, que como se sabe, reduce considerablemente los períodos de funcionamiento entre dos limpiezas y es causa de otras perturbaciones, la única solución era en todas partes limpiar los lechos en la forma ordinaria, cuando su presencia se ponía de manifiesto. En ocasiones ha dado resultado satisfactorio suspender por un cuarto de hora o veinte minutos la filtración. (1)

Para destruir la película gelatinosa, compuesta generalmente de un alto porcentaje de materias orgánicas, alúmina y arcilla, limo, etc , (manganeso y hierro cuando las aguas los llevan en solución) que envuelve a los granos de arena de los lechos que no han sido limpiados en debida forma, y que es la causa de las contracciones que sufren los lechos cuando la pérdida de carga adquiere importancia durante el funcionamiento, contracciones que se traducen generalmente en grietas y fisuras a lo largo de los muros y en la superficie, y que a su vez dan origen a bolas de barro, terrones duros y acumulaciones de mayor importancia, inconvenientes que disminuyen considerablemente la capacidad de los filtros, se usa comunmente en los Estados Unidos de Norte América, una solución de soda caústica o legía.

Hulbert y Herring, limpiaron mientras realizaban sus experiencias sobre funcionamiento de los lechos filtrantes en la usina de Detroit, un crecido número de filtros, que tenían más de 75 $m.^3$ de arena cada uno, en la siguiente forma :

Primero descendieron el nivel del agua por debajo de la arena, extendie-

(1) No está demás decir que se aconseja proyectar las instalaciones de filtración de manera de evitar la supersaturación del agua antes de llegar a los filtros y las reducciones de presión accidentales en los lechos durante un período de funcionamiento, para evitar que el aire tienda a escapar o liberarse.

ron sobre ella la soda caústica en seco o en escamas e hicieron entrar el agua de lavado lentamente, hasta la altura necesaria para obtener sobre el lecho una solución al 2 °/₀ (20 cm. sobre el nivel del lecho aproximadamente). Por medio de un palo agitaron enseguida el líquido para hacer más uniforme la solución. Abriendo las llaves de las tuberías de desagüe hicieron penetrar después la solución unos 10 cm. por debajo de la superficie de los lechos, para poner en contacto con ella, durante 24 horas, la capa de arena en mal estado, que por comprobaciones anteriores se sabía que no tenía más de 10 cm. de espesor. Al cabo de esas 24 horas descendieron el agua otros 10 cm., manteniéndola así otras 24 o 48 horas más. En contacto con la legía la alúmina se disuelve parcialmente, ablandando la película gelatinosa que constituye la envolvente de los granos de arena, haciendo facil su retiro posterior por medio de chorros de agua a presión. Los investigadores mencionados hicieron descargar la solución de legía a través de los lechos, luego hicieron remover su superficie por medio de un chorro de agua a la presión de 5 y $^1/_2$ atmósferas, aplicado con una manga de 25 mm. de diámetro, dejando las llaves del desagüe abiertas. Enseguida procedieron a una limpieza general de los lechos en la forma ordinaria. Después de repetir por tres veces consecutivas la remoción de las superficies de la arena de los lechos por medio del chorro de agua y los lavados generales, los filtros quedaron limpios.

En otras usinas el período de contacto de la legía no pasó de una noche, habiéndose obtenido sin embargo, buenos resultados. Las dosis de soda caústica (o de soda caústica y ceniza de soda, mezcla que también se ha usado) variaban de una usina a otra, debido al estado de la arena, el período de contacto y otras razones locales, pero no excedían de 5 Kgs. de soda caústica por metro cuadrado de lecho. (Las dosis de ceniza de soda utilizadas oscilaban entre unos 7 Kgs. por metro cuadrado).

Con igual objeto que la legía se ha empleado con éxito el cloro, en la siguiente forma: después de una limpieza ordinaria se agregó una dosis de cloro elevada (la máxima que permitían los aparatos dosificadores) a la capa de agua, (de 1.00 m. de altura aproximadamente), de encima del lecho a limpiar. Se abrió enseguida la llave que permite descargar al desagüe las primeras aguas filtradas después de una limpieza, lo necesario para poner en contacto la arena y la gravilla con el agua fuertemente clorada y se dejó el lecho así durante 48 horas. Después se hizo una corta limpieza con agua a alta velocidad, se vació el lecho y se abrieron profundos surcos en la arena para ponerla en contacto con el aire en la mejor forma posible, durante 24 horas. Luego se niveló la arena y se volvió a cargar el lecho con agua. Enseguida se hizo entrar el agua de limpieza a una velocidad reducida (la suficiente para alcanzar las canaletas de desagüe), y por último, por medio de una lanza de 25 mm. de diámetro se agitó vigorosamente la arena, tomándose las precauciones necesarias para no dañar el lecho de gravilla y no proyectar arena hacia el desagüe.

Para terminar estas consideraciones sobre los filtros rápidos, consignaremos que es norma corrientemente aceptada que la turbidez de las aguas filtradas no exceda de 0.5 p. p. m.; habiéndose construído en los últimos años una diversidad de turbidímetros capaces de apreciar hasta turbideces de 0.1 p. p. m., para el control del efluente de los filtros.

La cloración por medio del cloro gaseoso o hipocloritos de calcio o sodio es usada con carácter general, casi sin excepciones, en todas las usinas de filtración de agua de Europa y Norte América. Como se dijo, en París se usa el cloro gaseoso; en Lyon el hipoclorito de sodio, de acuerdo con las prácticas aconsejadas por el Ing.° Bunau - Varilla; en Madrid (en ocasiones) el cloro gaseoso y en Sevilla (permanentemente) el hipoclorito de sodio en la misma forma que en Lyon. En Londres y en las ciudades visitadas de los Estados Unidos y Canadá se usa el cloro gaseoso exclusivamente.

Respecto a la aplicación del cloro gaseoso o hipocloritos a las aguas filtradas o a aquellas que no han sufrido otros tratamientos de purificación previos, no tenemos nada que expresar. Esa operación se realiza y controla en todas partes de acuerdo con los principios conocidos y aplicados en nuestro país desde hace algunos años.

Solo en París, por razones de principio, se tratan las aguas con hiposulfito de sodio después de cloradas, para destruir cualquier resto del esterilizante al pasar al consumidor; en el resto de las ciudades se mantenía un cloro residual variable entre 0.05 a 0.2 p. p. m. a la salida de las usinas.

La aplicación del cloro a las aguas brutas antes de entrar a los tanques de coagulación o pasar a los filtros (precloración) se usa en Norte América de una manera general, cuando las aguas tienen un elevado contenido bacteriano, para poder obtener un efluente final que cumpla las ordenanzas sanitarias. En Alemania e Inglaterra se está difundiendo esa práctica.

Se ha comprobado que esa operación permite ahorrar coagulantes, mejorar la coagulación, detener la descomposición de los sedimentos recojidos en los tanques de decantación, (1) reducir el color de las aguas, eliminar gran cantidad de bacterias y micro - organismos que obstruyen los filtros facilmente y obligan a limpiarlos con frecuencia (lo que se traduce en una economía de agua de limpieza) mantiene la arena de los filtros limpia, libre de grietas, fisuras y bolas de barro, y evita los desarrollos de algas en las paredes de los tanques de decantación y filtros, y en las canalizaciones que los comunican.

Las dosis de cloro usadas varían en cada caso con la calidad de las aguas. Los mejores resultados se han obtenido con dosis de 1.0 a 2.5 p. p. m., dejando un cloro residual de 0.2 a 0.5 p. p. m.

En Nueva York se ha aplicado el cloro, con resultados satisfactorios, para destruir las algas o micro - organismos que originan gustos y olores desagradables en las aguas de los embalses. Lo mismo se ha hecho en muchas otras ciudades, con idénticos resultados. Las cantidades de cloro agregadas han dependido de los organismos presentes en las aguas. Está probado que las especies más conocidas se eliminan o reducen sensiblemente con dósis de 0.5 a 1.0 p. p. m., pero algunas otras necesitan cantidades mayores.

---

(1) Debe tenerse presente que la precloración no es eficaz para evitar la descomposición de los sedimentos que han permanecido demasiado tiempo en los tanques, por insuficiencia de las instalaciones o mala vigilancia. En esos casos puede utilizarse ventajosamente el carbón activo.

En Alemania, Inglaterra, Estados Unidos de Norte América y Canadá se trabaja incesantemente buscando soluciones para eliminar el mal gusto y el mal olor que el cloro desarrolla en ciertas aguas después de ser aplicado, debido a los compuestos fenolados y de otra naturaleza que ellas contienen y que provienen generalmente de los desagües de las industrias locales o vecinas.

Al describir las instalaciones de la usina de la ciudad de Toronto se consignó como se usaba con el indicado fin, la supercloración (para oxidar los compuestos de esas especies) seguida por una decloración con anhidrido sulfúrico (para destruir el cloro en exceso). Por cada parte de cloro en exceso a neutralizar se empleaba una parte de anhidrido sulfúrico. El procedimiento es eficaz pero oneroso y exije control técnico cuidadoso. En otras ciudades de los Estados Unidos se ha usado como declorurante el bisulfito de sodio, en la proporción de una parte y media por cada parte de cloro en exceso a neutralizar.

Pero los procedimientos que están más en boga para eliminar el mal gusto y olor de las aguas son tres: a) tratamiento previo con amoníaco de las aguas cloradas, b) la supercloración seguida de la decloración en lechos de carbón activo granulado, c) la precloración y la adición de carbón activo en polvo, conjuntamente con los coagulantes o antes de que las aguas decantadas lleguen a los filtros.

El informante no tuvo oportunidad de visitar una usina donde se aplicaran esos procedimientos.

Según informes que le fueron proporcionados, en Cleveland se han logrado resultados satisfactorios con dósis de amoniaco de 0.25 p. p. m. y dósis de cloro de 0.5 p. p. m., con un periodo de mezcla de 10 minutos y 2 horas de retención, con aguas muy contaminadas. En otros lados las dósis han guardado la relación de 1 : 2.5, 1 : 4 y hasta 1 : 8; siendo siempre inferior a 0.5 p. p. m. la dosis de amoníaco. No hay normas fijas y para cada agua deberán estudiarse las dosis apropiadas de amoniaco y cloro.

Parece que no es indispensable asegurar un tiempo de contacto prolongado de las aguas con el amoniaco, requiriéndose unicamente asegurar su mezcla íntima. Se recomienda agregar primero el amoniaco y que el agua tenga reacción alcalina (pH mayor de 7.2) porque las cloraminas que se producen se descomponen en medios ácidos y pierden su estabilidad y poder esterilizante.

Se han utilizado con idénticos resultados, el amoniaco líquido (en botellones, como el cloro) y el cloruro y sulfato de amonio.

Según muchos de los técnicos que han estudiado el procedimiento, el amoniaco es un preventivo poderoso, que introducido convenientemente en el agua impide la formación de compuestos capaces de dar origen a gusto y olor desagradables al agregarse el cloro esterilizante. Otros técnicos consideran sin embargo, que el valor del amoníaco como preventivo para la eliminación de gusto y olor desagradables en las aguas cloradas es discutible. Pero sin excepción se admite que el tratamiento de las aguas filtradas con amoníaco antes de ser cloradas y elevadas a las instalaciones de distribución es eficacísimo, por la persistencia del poder esterilizante de las cloraminas producidas por el amo-

niaco y el cloro, que permite mantener el cloro residual en los depósitos a cielo abierto y en las tuberías de distribución, con lo que pueden eliminarse los efectos perjudiciales conocidos de los extremos muertos de dichas tuberías, sobre la calidad de las aguas y las tuberías mismas, y se evitan las descargas frecuentes, siempre onerosas.

Las cloraminas tienen un poder esterilizante menor que el cloro solo. No producen efectos perjudiciales para la salud de las personas, por lo que no hay peligro en excederse de las dosis mencionadas.

El tratamiento por el amoniaco y el cloro no exige dispositivos especiales para su aplicación. Exije, sin embargo, control técnico riguroso. (1) El cloro residual se determina como en la cloración simple, por medio de la ortotolidina, pero después de 20 minutos, por lo menos, de aplicado el cloro.

La mayoría de los técnicos consultados por el informante coincidían en que el tratamiento por el carbón activo es lo más eficaz y sencillo para eliminar el gusto y olor desagradables originados en las aguas por el cloro y los productos fenolados, las sustancias orgánicas, las secreciones de las algas, etc. en solución. (2)

Para muchos investigadores no hay gusto y olor que no pueda eliminarse con la supercloración y la decloración con carbón activo. Es esencial agregar al agua cloro en cantidad suficiente para dejarle a la salida de los filtros un cloro residual de 0.5 a 1.0 p. p. m., de manera que se tenga la seguridad de haber oxidado todas las sustancias capaces de producir gusto y olor. La decloración subsiguiente sobre lechos de carbón activo granulado es efectiva siempre. No exije control técnico especial. Es sin embargo, un poco costosa.

El carbón activo aplicado como preventivo, se agrega generalmente a las aguas a la entrada a las cámaras de mezcla o a la entrada del agua decantada a los filtros. En el primer caso hay un mayor gasto de carbón, pero se evita la colmatación más rápida de los filtros, que se produce en el otro caso.

En cada usina debe estudiarse la forma de aplicación y las dósis más eficaces y apropiadas. Comunmente se emplean dósis variables entre 1.0 y 1.5 p. p. m.

La adición de carbón activo a las aguas antes de su decantación se traduce generalmente en una economía de coagulante, en una mejoría en la calidad de los coágulos y en la estabilización de los sedimentos depositados en los tanques de decantación, ventajas muy apreciables en la explotación de cualquier usina.

Para terminar agregaremos, que la adición previa de permanganato de potasio a las aguas cloradas, para destruir el mal gusto provocado por las algas y materias orgánicas, ha dado en muchos casos buenos resultados.

---

(1) Cuando se envían aguas tratadas con amoniaco y cloro a una red de distribución con depósitos viejos e incrustaciones, suelen producirse los primeros días, gustos y olores intolerables, si no se toma la precaución de graduar paulatinamente las dosis.

(2) En el tiempo transcurrido desde la entrega de este informe, es enorme el incremento tomado por el tratamiento de las aguas con carbones activos en Europa y Norte América.

Ozonización

Habiéndose informado con extensión en la Parte Tercera respecto a este sistema de esterilización, se considera de más formular comentarios a su respecto.

Procedimientos para ablandar las aguas

El informante no tuvo oportunidad de visitar en los países recorridos una planta o usina donde se ablandaran las aguas. De las averiguaciones que hizo en los Estados Unidos, donde ese género de instalaciones ha adquirido el mayor desarrollo, ha deducido que el proceso más vulgarizado es el basado en el empleo de la cal y el carbonato de sodio, con el agregado de anhidrido carbónico (recarbonización) para prevenir la acumulación de carbonatos insolubles sobre los filtros.

Hasta hace unos años el ablandamiento de aguas para abastecimientos públicos no estaba muy generalizado, pero en la época que el informante visitó ese país estaban en vías de construcción importantes usinas destinadas a ese objeto. Por lo general se trataba de usinas para tratar diariamente volúmenes crecidos, que justificaban el mantenimiento de químicos expertos a su frente; siempre necesarios en establecimientos destinados al objeto indicado.

El empleo de las zeolitas, que estaba por lo general limitado a los usos industriales, por su costo elevado, cada día es mayor en pequeños abastecimientos públicos En algunos casos se ha usado con éxito un tratamiento mixto por medio de la cal y las zeolitas.

Se ha comprobado que las zeolitas naturales tienen igual valor que las sintéticas.

Prácticas seguidas para impedir la agresividad de las aguas

El control de la agresividad de las aguas, especialmente las blandas que han sufrido una filtración previa coagulación con sulfato de alúmina y contienen anhidrido carbónico libre y oxígeno en disolución, preocupa actualmente muchísimo a los técnicos que tienen a su cargo los abastecimientos públicos. Siendo los Estados Unidos el país donde se han difundido más las instalaciones de filtros rápidos, no es de extrañar que sea allí donde se le preste una mayor atención al problema. En las usinas de Washington, Baltimore y Olean fué donde el infrascrito tuvo ocasión de observar y recojer algunos informes sobre las medidas preventivas más generalizadas actualmente para combatir la agresividad de las aguas e impedir la formación de agua roja en las canalizaciones públicas.

El informante se limitará a hacer algunas consideraciones sobre los procedimientos puestos en práctica, sin analizar las causas de la agresividad de las aguas y la influencia de los distintos factores de que depende, por juzgar que no corresponde dada la índole de este trabajo.

Los mencionados procedimientos tienen por objetivos principales: a)

mantener la reacción o el pH de las aguas entre ciertos límites, dentro de los cuales la solubilidad del hierro es menor, y favorecer la formación de un revestimiento de protección en las canalizaciones en servicio; b) aumentar la eficacia de los revestimientos aplicados a las canalizaciones nuevas; c) aumentar la eficacia de la cloración para mantener las canalizaciones en condiciones de máxima esterilidad.

Como la experiencia ha demostrado que es necesario reducir el anhidrido carbónico libre en el agua, que constituye un factor preponderante de la agresividad, los técnicos han tratado de eliminarlo de las aguas de consumo aireándolas, como primera medida contra la corrosión o el agua roja.

La eliminación del anhidrido carbónico por la aeración no puede ser completa, pero en la práctica puede lograrse con ella una reducción suficiente para anular sus efectos perjudiciales, sobre todo en aguas con un pH mayor de 5,5. Pero la aeración tiene el inconveniente de aumentar el oxígeno disuelto en las aguas, lo que es contraproducente, por eso no se recomienda actualmente para la eliminación del anhidrido carbónico sino en los casos en que su empleo se justifique por otras causas, como ser la remoción de gases que originan gustos y olores desagradables, la remoción del hierro o del manganeso.

El anhidrido carbónico puede ser removido completamente agregando un álcali a las aguas: cal, carbonato de sodio, soda caústica. La cal permite obtener en las condiciones económicas más ventajosas la remoción del anhidrido carbónico, produciendo la alcalinidad y la concentración de los iones de hidrógeno necesarias para garantir la formación de una película o capa protectora de carbonato de calcio en el interior de las canalizaciones metálicas, capaz de impedir su ataque. Por eso la adición de cal es el procedimiento preferido hoy en día, a pesar de que ese producto aumenta la dureza temporaria de las aguas. El carbonato de sodio o ceniza de soda, permite remover el anhidrido carbónico sin aumentar la dureza, pero no se usa porque no da lugar a la formación de una capa protectora como la cal.

La adición de cal se regula manteniendo el valor del pH de las aguas entre ciertos límites indicados por la experiencia, dentro de los cuales aunque la eliminación del anhidrido carbónico no es completa, la corrosión es casi nula. Las dósis de cal se fijan generalmente en las usinas norteamericanas haciendo antes el ensayo preliminar del carbonato de calcio, conocido por el nombre de "marble test".

Ese ensayo tiene por objeto determinar el punto de equilíbrio entre las sales alcalinas del agua después de tratada por la cal y el anhidrido carbónico y el hidrógeno presentes (equilíbrio de naturaleza compleja y que depende de muchos factores, incluso la temperatura); pues debe tenerse en cuenta que el carbonato de calcio no podrá precipitar y depositarse en las tuberías a proteger, mientras no se haya alcanzado ese punto de equilíbrio, a partir del cual podrán precipitar y depositarse las cantidades de carbonato de calcio que el agua contenga en exceso.

El ensayo preliminar se hace así: se coloca en un frasco de boca ancha con tapón esmerilado un litro del agua a tratar, se le agregan de 5 a 10 gra-

mos de espato de Islandia o carbonato de calcio puro pulverizado, o el equivalente en cristales previamente lavados, y se agita a intervalos. El carbonato se disolverá formando bicarbonatos al combinarse con el anhidrido carbónico del agua, hasta que este elemento haya sido neutralizado, así como los ácidos orgánicos y minerales contenidos en el agua Simultáneamente con la reducción del anhidrido carbónico el valor del pH de la solución habrá ido en aumento, hasta que después de un tiempo (generalmente 3 o 4 días) se alcanzará el punto de equilíbrio; permaneciendo desde ese momento constantes la alcalinidad y el pH. Todo se reduce a determinar a intervalos frecuentes el pH de la muestra hasta que permanezca constante, y a investigar luego la alcalinidad del agua.

Es indudable que si para una agua dada hay una determinada concentración de los iones de hidrógeno, para cada alcalinidad, en el que se equilibran las tendencias a disolver o precipitar el carbonato de calcio, a alcalinidades o valores del pH inferiores predominará la tendencia a disolverlo, mientras que por lo contrario, a alcalinidades o valores del pH mayores predominará la tendencia a precipitarlo. De esto se deduce que manteniendo la alcalinidad o el pH de un agua dada por encima de los valores correspondientes al punto de equilíbrio, se podrá provocar una precipitación en el interior de las canalizaciones que se empleen para conducirla, con objeto de protejerlas contra la corrosión.

Es de hacer notar, que cada agua tendrá en un momento dado un punto de equilíbrio, que será influenciado por su contenido de sales de calcio y magnesio y de otras sales tampón, la temperatura y otros factores secundarios. En general ese punto de equilíbrio corresponde en las aguas superficiales, a un valor del pH comprendido entre 7.5 y 10.5.

La experiencia ha permitido comprobar que no es necesario llegar a producir la precipitación del carbonato de calcio en las tuberías y que es suficiente para impedir su corrosión mantener la alcalinidad y el pH de las aguas en los valores correspondientes a los puntos de equilíbrio y aún ligeramente por debajo de ellos, lo que simplifica considerablemente las operaciones en la práctica. Las alcalinidades excesivas podrían dar lugar, por otra parte, a protestas de los suscriptores que tienen calefacción central, debido a los depósitos que se producirían en las canalizaciones de pequeño diámetro y en los radiadores. En la práctica nunca se llega a agregar tanta cal que llegue a producirse una alcalinidad caústica, es decir, un pH mayor de 9.5

Pesando el carbonato de calcio antes y después del ensayo preliminar, se podría calcular la cantidad de cal a agregar al agua por unidad de volúmen, para lograr los resultados que se deseen en cada caso, pero la experiencia ha demostrado que es más práctico agregar cal a tanteo hasta obtener el valor del pH correspondiente, o un valor aproximado.

El Ing.° Baylis, ya mencionado en párrafos anteriores, estableció las curvas de control, (Fig. 207), que el informante ha reproducido de un original que le fué proporcionado en la usina de Dalecarlia, de la ciudad de Washington. La curva intermedia, o curva de equilíbrio de la solubilidad del carbo-

nato de calcio, fué obtenida por medio del "marble test" con agua destilada, a 22°C.

Tanto en la usina de Washington, como en las usinas de Baltimore y Olean, se hacía uso de esas curvas en el control del tratamiento de la agresividad de las aguas filtradas por medio de la cal, pues se ha verificado que en general ofrecen una guía muy útil, a pesar de haber sido establecidas para aguas de composición determinada, distintas a las tratadas en dichas usinas.

Según las indicaciones de esas curvas, una agua con una alcalinidad de 50 p. p. m. debe tener un pH de 8.0 para estar en su punto de equilíbrio, si el pH fuera de 7.7 no se teñirá de rojo en las tuberías y si fuera igual o mayor de 8.5 dará lugar a la formación de un depósito de carbonato de calcio en las canalizaciones. Por otra parte, si una agua con una alcalinidad de 20 tuviera un pH de 7.4 será agresiva, pues según la curva inferior para no serlo, teniendo un pH de 7.4, su alcalinidad debe ser de 95 p. p. m. Es oportuno hacer notar que para impedir la agresividad de una agua así no será necesario

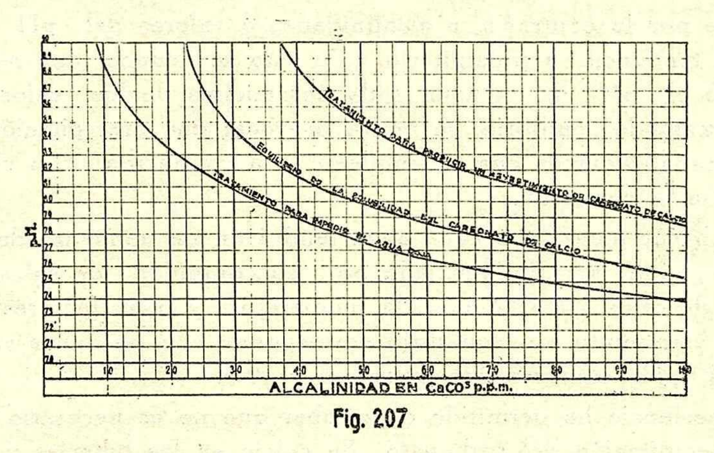


Fig. 207

Curvas de Baylis para el control de la agresividad de las aguas potables

agregar cal hasta producir una alcalinidad de 95 p. p. m., pues con toda seguridad al agregar una cantidad menor se elevará la alcalinidad y al mismo tiempo el pH, haciendo caer los nuevos valores por encima de la curva inferior, o de corrosión incipiente. Así por ejemplo, con una dósis de cal que fuera capaz de elevar la alcalinidad a 58 p. p. m. y el pH a 8.0 se lograría llevar el agua hasta por encima de su punto de equilíbrio

La Fig. 208, reproducción de un original que nos fuera remitido por el Sr. C. I. Lauter, Químico Jefe de la usina de Dalecarlia, muestra los resultados medios mensuales obtenidos en ese establecimiento en el 2.° semestre del año 1930, época en que el informante lo visitó, con el tratamiento del agua filtrada por medio de la cal. Mientras el agua del río Potomac estuvo siempre dentro de la zona de deposición del carbonato de calcio, el agua filtrada estuvo siempre por debajo de la curva del agua roja, a la salida de los filtros y alrededor de la curva de equilíbrio teórica, después de tratada con la cal.

Según el Sr. Lauter las aguas filtradas tratadas con cal son de mejor paladar. El tratamiento es eficaz, práctico, barato y de fácil control.

En la usina de Baltimore, donde se tratan las aguas del río Gunpowder, que son moderadamente blandas y naturalmente corrosivas, según E. S. Hopkins, Químico Principal del establecimiento, ha sido posible mantener la completa absorción del anhidrido carbónico con un pH de 8.0. Haciendo semanalmente el "marble test" la dósis media de cal fué en 1930 de 5.1 p. p. m. El Sr. Hopkins coincidía con el Sr. Lauter en cuanto a la eficacia del tratamiento para evitar el agua roja y a sus restantes bondades

Tanto en la usina de Washington como en la de Baltimore, la adición de la cal hidratada que se agregaba al agua filtrada con el fin indicado, era controlada automáticamente por un potenciómetro registrador con electrodo de tungsteno marca Leeds & Northrup. En la pequeña usina de la ciudad de Olean el control se hacía retirando muestras dos veces al día y verificando el pH. El potenciómetro Leeds & Northrup registra el pH del agua después de recibir la cal, permitiendo un control permanente En usinas de la importan-

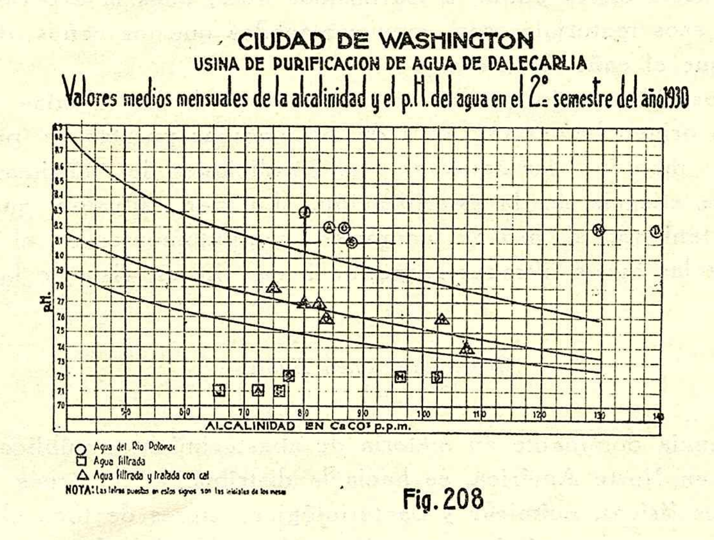


Fig. 208

cia de las de Washington y Baltimore su uso está ampliamente justificado, por razones técnicas y económicas.

La adición de la cal se hacía en los tres establecimientos, en los canales que conducían las aguas filtradas a los depósitos de almacenamiento internos. Es la forma de aplicación que debe preferirse, para que las precipitaciones de compuestos de calcio, que naturalmente se producen al agregar la cal, o de cal insoluble, puedan retenerse en forma facil, antes de que el agua pase a la red de distribución; evitándose así una causa de graves inconvenientes. (1)

La cal se aplica en polvo o en solución, con dosificadores comunes, ge-

---

(1) En las usinas donde el agua filtrada es esterilizada con amoniaco y cloro se agrega la cal antes del cloro o simultáneamente con él.

neralmente. Se aconseja dar a la lechada de cal una concentración del 0.5 °/..

La práctica ha demostrado que las tuberías en servicio que tengan incrustaciones, deben ser limpiadas cuidadosamente antes de iniciar en la usina el tratamiento del agua por medio de la cal, para lograr la formación de la película o capa protectora de carbonato de calcio y evitar acumulaciones mayores que las existentes.

Hemos dicho al principio que otras de las medidas contra la agresividad de las aguas de consumo es la de aumentar la eficacia de los revestimientos de las tuberías. Debido a eso en Inglaterra, los Estados Unidos y Canadá es cada día mayor el empleo de los tubos de fundición o acero revestidos con mortero de cemento portland (material de fácil y económica aplicación y de gran eficacia, como es sabido) o revestidos con materiales bituminosos, aplicados con meticulosidad.

El empleo, cada día mayor, de tubos de cobre maleable en los conductos de pequeño diámetro que constituyen los ramales de las conexiones domiciliarias, obedece hasta cierto punto, a los mismos fines, pues la experiencia ha demostrado que esos materiales son menos atacados que los caños de fundición ordinarios y que el caño de plomo.

Habiéndose observado que las incrustaciones de las tuberías tienen muchas veces un origen bacteriano, otra de las medidas puestas en práctica para evitarlas es el mantener las aguas en las condiciones de máxima esterilidad, aumentando la eficacia de la esterilización. La gran difusión que en Norte América está teniendo el uso del amoniaco conjuntamente con el cloro en el tratamiento de las aguas filtradas responde a ese fin, en vista de la eficacia de las cloraminas.

Consideraciones finales

La tendencia dominante en materia de abastecimientos públicos, tanto en Europa como en Norte América, es hacia la distribución de aguas de las más altas cualidades físicas, químicas y bacteriológicas, libres de toda objeción.

Como los procesos químicos que tienen lugar durante los tratamientos de purificación a que se someten las aguas brutas o naturales son cada día mejor conocidos, los técnicos encargados de los abastecimientos tratan de sacar el mayor partido de ellos, eliminando los procedimientos empíricos y las prácticas rutinarias. En los Estados Unidos la construcción de estaciones o plantas experimentales de gran tamaño ha permitido realizar en los últimos años investigaciones de un valor práctico inestimable.

Todas las usinas de purificación de agua visitadas en Norte América tenían anexados laboratorios espléndidamente montados, a cuyo frente se encontraban, por lo general, técnicos de gran competencia. Esa es la modalidad que impera en los Estados Unidos y Canadá, aún para los establecimientos de menor categoría que los visitados. Las usinas de París trabajan bajo el control del "Servicio de Vigilancia de las aguas de Alimentación" de la ciudad, y las de Londres bajo el control del "Departamento de Análisis" de la Junta Metro-

politana de aguas. La usina de la ciudad de Sevilla tenía laboratorio propio a cargo de un médico especializado.

En las usinas más modernas que el informante visitara era apreciable la atención prestada por los proyectistas en la disposición de las distintas partes, para que las operaciones durante la explotación se realizaran con facilidad y economía y para que los operadores pudieran hacer facilmente alteraciones en los tratamientos, en los casos de limpiezas y reparaciones de las unidades y durante las investigaciones para mejorar sus resultados.

En Inglaterra y los Estados Unidos es también notable la atención prestada en los últimos años a la arquitectura de los edificios y construcciones de las usinas y al carácter ornamental de las plantaciones que las rodean, para hacer más grata su vista a los visitantes (sobre todo a los profanos) cuya concurrencia se estimula.

En las usinas de purificación de agua de esos países se prefiere la construcción de grandes canteros engramillados, que se conservan con facilidad verdes todo el año con riegos abundantes diarios, fáciles de realizar a bajo costo, donde se dispone de agua a presión sin limitación. Las especies de arbustos y árboles son cuidadosamente elegidas para sacar el mayor partido posible del aspecto decorativo y coloración de los follajes, buscándose los contrastes de buen efecto visual.

Constituyendo las usinas de purificación una parte fundamental de los abastecimientos de agua, cuya explotación se hace en todas partes de acuerdo con los principios más rigurosos en materia de explotaciones industriales, en todas ellas se llevaban al día cuidadosos registros de los materiales consumidos, caudales tratados, costos de producción y de todos los datos técnicos necesarios para un contròl efectivo de los gastos y de la calidad del producto suministrado.

II. — TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Rejas (1)

El uso de las rejas es general en Europa y Norte América, pues se consideran indispensables los dispositivos de esa clase para retener los cuerpos flotantes: maderas, trapos, papeles, etc. que vienen en las aguas y que entorpecerían el funcionamiento de las instalaciones restantes: bombas, tanques de sedimentación, de aeración, etc.

Todas las rejas observadas estaban emplazadas a la desembocadura de los emisarios, precediendo a las cámaras desarenadoras, y estaban construídas en forma que no constituían un obstáculo al pasaje de las aguas durante sus reparaciones. Las rejas que se limpiaban a mano tenían una superficie sufi-

(1) Como se habrá observado, en este informe se ha optado por llamar rejas a las formadas por barras paralelas, con una separación igual o superior a 12 m. m., y tamices, a los formados por barras paralelas de menor separación, o por planchas perforadas o telas metálicas, con agujeros de anchos inferiores a 12 m. m.

ciente para anular los efectos de las acumulaciones entre dos limpiezas consecutivas.

Las inclinaciones de las rejas eran muy variables, llegando a ser normales a la corriente en la estación de depuración de Munich. Las inclinaciones más usadas son de 30° a 45° con la horizontal. La separación entre barras en la mayoría de las instalaciones visitadas variaba de 2 a 3 cm.

La limpieza de las rejas se hacía mecánicamente en la mayoría de las estaciones de depuración, práctica que se aconseja donde el valor de la mano de obra sea elevado, aún para las pequeñas instalaciones. Donde las rejas se limpiaban a mano se hacían por lo menos dos limpiezas por día, teniendo los operadores la precaución de deshacer las materias fecales por medio de chorros de agua o de los rastrillos, para facilitar su pasaje a través de las barras y reducir el contenido de materias orgánicas de los resíduos.

Para evitar olores esos resíduos se alejaban inmediatamente de ser retirados. En la mayoría de las estaciones visitadas los resíduos se enterraban, esparciéndolos en capas de 10 a 15 cm. y arando enseguida profundamente. La experiencia ha demostrado que pueden hacerse sobre el mismo terreno dos aplicaciones de resíduos por año si se ara convenientemente antes y después de cada aplicación. En algunas estaciones los resíduos son introducidos en los tanques de digestión de barros. Es un buen procedimiento, pero exige un cuidado extremoso para evitar perturbaciones en el funcionamiento, porque generalmente provoca alteraciones sensibles en la reacción de los barros. En otras estaciones los resíduos son quemados en los hornos incineradores de la basura de la ciudad o en hornos especiales propios. La humedad de dichos resíduos oscila entre el 80 y el 90 %, por lo que ofrecen algunas dificultades para ser destruidos en hornos pequeños.

Los resíduos de las rejas son rechazados generalmente por los agricultores, por no tener valor como abono.

Cámaras desarenadoras

El uso de las cámaras desarenadoras o tanques de detritus es general también en las estaciones de depuración europeas y norteamericanas que tratan aguas de alcantarillados del sistema unitario y en aquéllas que tratan aguas de alcantarillados del sistema separativo, pero que recogen aguas industriales con gran contenido de materias inorgánicas pesadas o aguas provenientes de drenajes. Cuando las canalizaciones de un alcantarillado del sistema separativo han permitido filtraciones importantes, se han instalado cámaras desarenadoras en las estaciones de depuración respectivas.

Su empleo está justificado pues se ha probado que las materias inorgánicas pesadas, tales como las arenas, gravillas, cenizas, etc., producen graves inconvenientes en los tanques de sedimentación simple y del tipo Imhoff o en los tanques de aeración, llaves de paso, etc. La extracción de los barros en los primeros sería más difícil si estuvieran mezclados con detritus, y en los tanques de aeración esas materias inertes pesadas producirían sedimentaciones

perjudiciales que obstruirían las placas difusoras, la boca de entrada del tubo central de las unidades "Simplex", etc. Por otra parte, si no se recogieran los detritus por separado habría que aumentar la capacidad de las cámaras de digestión, debido al mayor volúmen de los barros por el incremento producido por esas materias inertes.

Las cámaras desarenadoras estaban emplazadas generalmente a continuación de las rejas y en Essen - Rellinghausen precedían a las cámaras de captación de materias grasas. Suelen construirse con dos secciones o compartimentos, que pueden independizarse entre sí (y de un canal derivador lateral que los acompaña) por medio de compuertas sencillas, de manera que una sección puede retirarse del servicio para su limpieza sin producir inconvenientes. Son comunmente de planta rectangular.

Esas cámaras estaban construídas a cielo abierto, con la sola excepción de la de Munich, que estaba bajo techo.

La velocidad media de las aguas era en la mayoría de las plantas visitadas de 30 cm. por segundo y el período de retención variable de 10 a 50 minutos. En algunas estaciones inglesas y en París, donde los detritus se mezclan después de retirados de las cámaras con los barros provenientes de otras instalaciones, para ser transportados en embarcaciones y arrojados al mar, la velocidad suele ser inferior a 30 cm. por segundo, pero en las estaciones modernas, donde los detritus se emplean como material de relleno y deben ser retirados de las cámaras libres de materias orgánicas (que al descomponerse darían origen a olores desagradables) se adopta la velocidad indicada de 30 cm. por segundo.

En Alemania y los Estados Unidos de Norte América son comunes las cámaras con drenes que permiten retirar facilmente el líquido que sobrenada, al comenzar las limpiezas. Solo la cámara desarenadora de Essen - Rellinghausen tenía dispositivos para la insuflación del aire destinado a despojar a los detritus de todo resto de materias orgánicas o grasas.

El Dr. Imhoff (1) recomienda dar al canal derivador de las cámaras una pendiente capaz de asegurar una velocidad de discurrimiento mínima de 60 cm. por segundo, para evitar la sedimentación de los detritus. Recomienda asimismo dar a la canalización que conduzca el efluente de las cámaras desarenadoras la pendiente necesaria para asegurar una velocidad mínima de 45 cm. por segundo, para evitar la sedimentación de materias sólidas alterables.

En las grandes estaciones de Essen - Rellinghausen, Munich, Manchester, Birmingham, Baltimore, etc. se utilizaban dispositivos mecánicos para la extracción de los detritus, retirándose a mano en las otras. Las limpiezas se hacían cuando la capacidad de las secciones, por debajo de los umbrales de entrada y salida, se reducían al 50 °/₀ por las acumulaciones, o después de fuertes lluvias.

Tamices

Los tamices se emplean para remover parte de las materias en suspensión en las aguas y facilitar los tratamientos posteriores. En general se usan como

(1) El informante tuvo el honor de ser recibido por el Dr. K. Imhoff, Director técnico de la Corporación del Ruhr (Ruhrverband), y autoridad de reputación universal en ingeniería sanitaria, como es sabido, de quien obtuvo algunos de los datos más importantes que se reseñan en este trabajo.

en Manchester, para retener pelos, fibras, etc. provenientes de las industrias locales, que producirían obstrucciones perjudiciales en los tanques de sedimentación o aeración. De las estaciones visitadas sólo en Essen - Rellinghausen se los utilizaba para tratar los barros activados antes de que pasaran a los tanques de bio - aeración (para retener larvas y otras impurezas) y solo en Baltimore para tratar el efluente de los tanques de sedimentación (para evitar la obstrucción de los pulverizadores de los lechos percoladores, con partículas sólidas arrastradas por dicho efluente.)

Los tamices se juzgan imprescindibles en las casas de bombas que vierten las aguas residuales sin otro tratamiento a los cursos de agua, en lugares de poca agitación, para reducir la contaminación y evitar que los resíduos pequeños floten en las inmediaciones de los puntos de descarga o desagüe. Son indispensables también en las estaciones que tratan las aguas por medio de los barros activados y no cuentan con tanques de sedimentación preliminar.

Las luces entre barras o de las perforaciones o mallas varían de 6 a 12 mm., generalmente.

Al describir la usina de Plainfield ya tuvimos oportunidad de hacer algunas consideraciones sobre los tamices rotativos Riensch - Wurl, los más usados tanto en Alemania como en los Estados Unidos, por su eficacia y sencillez de funcionamiento.

Como las rejas, los tamices deben mantenerse sin acumulaciones, pues como es sabido, su eficacia es mayor cuando están limpios.

Los tamices se limpian mecánicamente por medio de cepillos como en Manchester y Plainfield, o con chorros de agua como en Baltimore, etc. A los resíduos de los tamices puede dárseles el mismo destino que a los de las rejas, pero debido a su mayor contenido de materias orgánicas se acostumbra y se aconseja, digerirlos conjuntamente con los barros, tomando las precauciones necesarias.

Tanques de sedimentación auxiliares

En las estaciones de depuración alemanas, inglesas o canadienses que tratan aguas de alcantarillados del sistema unitario, se usan los tanques de sedimentación auxiliares para retener parte de las materias sedimentables que arrastran los caudales superiores a aquellos que pueden recibir un tratamiento completo en las instalaciones. El fin de ese tratamiento parcial es evitar que las materias sedimentables de esas aguas lleguen a los ríos o arroyos, aumentando su contaminación. En los Estados Unidos no se construyen tanques de esa especie, por lo que los volúmenes en exceso sobre los que pueden tratarse en las estaciones de depuración, se vierten a los cursos de agua a través de vertederos, sin tratamiento alguno.

Como se consignó en la Parte Segunda, en Hattingen se tratan en los tanques de sedimentación auxiliares caudales que alcanzan a 30 veces el caudal medio tratado en tiempo seco; en Birmingham caudales que oscilan entre 3 y 6 veces ese caudal medio; y en Toronto caudales que oscilan entre 2 y 36 veces el mismo caudal medio. En Hattingen la capacidad de esos tanques es equivalente al 20 °/ₒ del caudal medio diario tratado en tiempo seco,

en Birmingham al 75 °/o y en Toronto al 37 °/o. Ya tuvimos ocasión de decir que las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública inglés establecen que esa capacidad debe ser equivalente al 25 °/o.

La mejor forma de emplazar los tanques de sedimentación auxiliares es la adoptada en Hattingen, es decir, haciendo penetrar las aguas en ellos después que han atravesado las rejas y las cámaras desarenadoras. De esa manera los barros pueden introducirse después de cada lluvia en las cámaras de digestión, sin inconvenientes. Es común la remoción de los barros por medio de bombas, pero es indudable que cuando se dispone de desniveles apropiados debe preferirse la remoción por gravedad, por ser más económica.

Para facilitar las operaciones se construyen generalmente dos o más tanques, que se limpian tan pronto cesan las lluvias, para que estén siempre en condiciones de prestar servicio.

Cámaras de captación de materias grasas

Sólo en las instalaciones dependientes de la Corporación del Ruhr hemos visto cámaras de captación de materias grasas en funcionamiento. Su construcción fué una consecuencia del alto contenido de dichas materias en las aguas de los alcantarillados tributarios, provenientes de las industrias locales. En Inglaterra y Norte América comienza a preocupar el problema de la captación de grasas y ya hay construídas algunas instalaciones de carácter definitivo y otras de carácter experimental.

La insuflación del aire, tal como ha sido utilizada recientemente en Essen-Rellinghausen, parece ser muy eficaz.

Las materias grasas captadas se destruyen por el fuego o se entierran. Tienen una humedad que oscila entre el 65 y el 90 °/o. La materia seca suele tener de 5 a 6 °/o de materias minerales y de un 15 a un 60 °/o de grasas.

Tanques de sedimentación simple

Se han construído muchísimos tanques de sedimentación simple en estos últimos tiempos, en combinación con otros tratamientos posteriores: lechos percoladores, barros activados, lechos de contacto, etc., sobre todo desde la introducción de los mecanismos destinados a acumular y remover los sedimentos frescos.

Son emplazados a cielo abierto, salvo casos excepcionales, como en Boonton y Red-Bank, donde se construyeron cubiertos para precaverse con eficacia de los olores.

En las instalaciones visitadas el período de sedimentación variaba entre límites extensos, siendo de 3 a 3 1/2 horas en Baltimore, 2 1/2 horas en Red-Bank, etc., pero en los últimos años se ha constatado que no están justificados los períodos de duración superior a 2 horas, y que en la generalidad de los casos, una duración de una hora y media y hasta de una hora, es suficiente para remover hasta el 95 °/o de las materias sedimentables, porcentaje máximo de remoción prácticamente posible. En Inglaterra son comunes, sin embargo, los tanques con períodos de sedimentación o retención de 10 a 15 horas, pues se utilizan como tanques para uniformizar la calidad de las aguas antes de su pasage

a los tratamientos biológicos subsiguientes o para mantener constantes los caudales que sufren esos tratamientos.

La velocidad de discurrimiento de las aguas variaba en general, de 5 a 15 mm. por segundo.

La profundidad de los tanques no excede generalmente de 2.00 m-, pues la eficacia de los tanques más profundos no compensa el exceso de costo de construcción.

En todas las estaciones se trataba de no empeorar en los tanques de sedimentación la composición de las aguas con los productos de la descomposición de las materias ya sedimentadas, para lo cual se retiraban estas últimas antes de que comenzara esa descomposición. El caso de Baltimore, explicable por razones locales, no es frecuente ni puede considerarse como ejemplo de buen funcionamiento.

Los sedimentos recogidos en los tanques de sedimentación simple son retirados a mano, hidráulicamente, por la acción de la gravedad, o por medio de bombas. En Norte América están actualmente muy en boga y en Alemania e Inglaterra comienzan a difundirse, los tanques con dispositivos para la acumulación y remoción de los barros frescos, con los que se evita la deterioración de las aguas tratadas. Los tanques de planta cuadrada o circular, con fondo inclinado hacia un pozo de recolección central, equipados con rastras de movimiento giratorio, tipo Dorr o similares, son los preferidos por su sencillez, eficacia y economía de funcionamiento. Los mecanismos funcionan contínuamente o a intervalos. La pendiente del fondo de un tanque de esos tipos es de 8 al 15 °/₀. Es esencial mantener una capa de barros frescos de unos 50 cm. sobre las rastras, para evitar la salida de agua al descargarse los barros. La disposición de los mecanismos difiere según sea la forma de la planta de los tanques, sus dimensiones, etc.

En algunos casos, (París, Manchester) los barros son conducidos en embarcaciones para ser enterrados o vertidos en el mar, pero en la generalidad de las estaciones visitadas modernas, son digeridos. Las estaciones de depuración de Birmingham y Baltimore constituyen plantas típicas de tratamiento de grandes caudales diarios por medio de la sedimentación de las aguas y digestión de barros, por separado. La estación de Boonton es un ejemplo de aplicación de esos mismos tratamientos en menor escala, así como las estaciones de Red-Bank y de la Zona Norte de Toronto; donde se han aplicado los últimos adelantos de la técnica. La sedimentación en diversas etapas, como en Birmingham, comienza a difundirse en Alemania y Norte América.

Los tanques de sedimentación simple atravesados por las aguas verticalmente, tipo Dortmund, se han abandonado definitivamente.

Tanques Imhoff (1)

Los tanques Imhoff y similares son los tanques de sedimentación preliminar más usados en Alemania y lo fueron hasta hace unos años en Norte Amé-

(1) La circunstancia de haberse construído en nuestro país un buen número de estos tanques para tratar las aguas residuales de los centros urbanos del interior, indujo al informante a dedicarles preferente atención y a documentarse a su respecto de manera especial.

CUADRO N.° 27

Principales características de los tanques Imhoff observados, comparadas con las de los tanques de construcción más reciente de Alemania y Norte América

	Essen-Rellinghausen	Hattingen	Munich	Baltimore	Plainfield	Trenton	INSTALACIONES RECIENTES	
							Alemania	Norte América
Población tributaria actual	55.000	17.000	580.000	(5)	40.000	130.000	—	—
Caudal medio diario de aguas tratado en tiempo seco; m.³	30.000	2.500	240.000	—	13.000	68.000	—	—
Tipo de alcantarillado	Unitario	Unitario	Unitario	Separativo	Separativo	Separativo (6)	—	—
Contribución de aguas industriales	Si (1)	Si (3)	Si	Si	No	Si	—	—
Estado de las aguas al llegar a la estación de depuración	Frescas	Frescas	Frescas	Alteradas	Alteradas	Frescas	—	—
Temperatura de las aguas residuales; °C	15°	18°	—	—	8° a 21°	—	—	—
Tratamientos preliminares: Rejas o tamices	Reja	Reja	Reja	Rejas	Tamiz	Reja	Es general el uso de rejas	
Tratamientos preliminares: Cámaras desarenadoras	Si	Si	Si	Si	No	Si	Es general el uso de cámaras desarenadoras con alcantarillados del sistema unitario	
Tratamientos preliminares: Cámaras de captación de materias grasas	Si	Si	No	No	No	No	Se difunden cada día más	
Número de tanques	6	1	16	28	6	12	—	—
Forma de la planta de cada tanque	Circular (2)	Rectangular	Rectangular (4)	Circular	Rectangular	Rectangular	Generalmente los tanques son de planta rectangular	
Profundidad total; m.	—	—	—	7.86	6.02	9.45	6.50 a 8.00	6.50 a 8.50
Area de los canales de sedimentación; m.²	—	—	—	90	—	249	—	—
Profundidad de los canales de sedimentación; m.	—	—	—	—	1.83 a 3.35	1.97 a 4.42	1.50 a 2.50	1.80 a 2.10
Distancia del nivel del líquido a la plataforma; m.	—	—	—	0.25	—	0.38	—	—
Pendiente de las paredes del fondo	—	—	—	1.25:1	—	1.3:1	1.2 a 1	1.25:1
Período de sedimentación; horas	0.33	—	1.0	3.8	3.4	3.4	1.0 a 1.5	1.0 a 1.5
Velocidad de sedimentación m.m/seg.	—	—	—	—	—	—	25 a 50	12 a 25
Tipo de entrada	Vertederos	Vertederos	Vertederos	Vertederos múltiples	Vertederos	Bocas múltiples	Vertederos	Vertederos
Tipo de salida	Vertederos	Vertederos	Vertederos	Vertederos múltiples	Vertederos	Vertederos	Vertederos	Vertederos
Ubicación de los diafragmas	Entrada y salida	Entrada y salida	—	Salida	Entrada y salida	Entrada y salida	Entrada y salida	Entrada y salida
Tabiques intermedios	No	No	No	No	No	No	No	No
Reversibilidad de los canales de sedimentación	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si
Ancho de las ranuras; cm.	—	—	20	20	—	—	25	20
Solape de las ranuras; cm.	—	—	—	20	—	—	20 a 25	20
Profundidad de la cámara de digestión desde el nivel inferior de las ranuras; m.	—	—	—	—	2.67	4.65	4.20 a 5.50	3.35 a 5.50
Volúmen por persona servida; lts.	22	27	40	38	40	56	28	28 a 84
Pendiente mínima de las paredes del fondo	—	—	—	0.5:1	—	0.5:1	0.5:1	0.5:1 a 0.66:1
Diámetro de los tubos de extracción de barros; cm	—	—	—	20	—	20	20	20
Cargas sobre los mismos; m.	—	—	—	—	—	1.45	1.50	1.50
Area de las bocas de salida de las campanas de gases (porcentaje del área de los tanques); °/o	—	—	—	2.3	14.3	19.8	— (7)	15 a 25
Area de esas bocas por m.³ de capacidad de las cámaras de digestión; m.²	—	—	—	—	—	0.11	—	—
Capacidad de la campana de gases por persona servida; lts.	—	—	—	—	—	39	—	14 a 42
Aprovechamiento de los gases	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si

(1) La influencia de las aguas industriales está anulada por las aguas de manantiales y de las minas de la región que se recogen en el alcantarillado.

(2) Los tanques trabajan en serie, dos a dos.

(3) Aguas con cantidades apreciables de fenoles.

(4) Recuérdese que los tanques de Munich son del tipo "Dywidag" similares a los del tipo Imhoff.

(5) Para el proyecto de los tanques de Baltimore se consideró una población de 112.000 habitantes y un caudal medio diario de 106.000 m.³ Recuérdese lo expresado respecto al destino actual de esos tanques.

(6) Una quinta parte de la ciudad tiene alcantarillado del sistema unitario, recibiéndose en la Estación de depuración los días de lluvia un volúmen máximo de aguas pluviales equivalente al 10 o/o del caudal medio en tiempo seco.

(7) El Dr. Imhoff aconseja suprimir la campana ordinaria de salida de gases y disponer otras para su captación en los extremos de cada tanque, como en los tanques de Hattingen.

rica. En Inglaterra se han usado muy poco. Han sido empleados en combinación con todos los tratamientos secundarios conocidos: lechos percoladores, lechos de contacto y barros activados, y ultimamente, como hemos visto en Hattingen, con los lechos de contacto sumergidos. Según el Dr. Imhoff, de 64 estaciones de depuración a cargo de la Corporación del Ruhr, 27 tenían tanques del tipo que nos ocupa. Los tanques de dos de esas estaciones tenían más de veinte años de funcionamiento, los de cinco estaciones más eran de antes de la guerra y los de las veinte restantes fueron construídos durante los últimos seis años.

En el Cuadro N.° 27 se han agrupado las características esenciales de los tanques de las instalaciones visitadas, conjuntamente con las de los tanques de construcción más reciente en Alemania y Estados Unidos, de acuerdo con los informes que nos fueron suministrados.

La forma de la planta de los tanques Imhoff más modernos es la rectangular. En la mayoría de esos tanques se ha eliminado la disposición primitiva de las cámaras de digestión en pozos aislados entre sí, con dimensiones en planta más reducidas que el contorno de los canales de sedimentación. Actualmente los muros verticales de contorno de la parte superior de los tanques se prolongan hasta encontrar los fondos inclinados de las cámaras de digestión (Hattingen), con lo que se ha logrado aumentar considerablemente la capacidad de esas cámaras y simplificar las estructuras.

En los Estados Unidos se han construído muchos tanques con profundidades reducidas, como los de Plainfield, pero no han dado buenos resultados en la práctica. Los barros de esos tanques son menos concentrados o de menor densidad que los de los tanques profundos, lo que obliga a aumentar la capacidad de las cámaras de digestión, a igualdad de materia sólida a digerir.

Se consideran más eficaces los canales de sedimentación poco profundos que los profundos. En la práctica parecen no estar justificadas las profundidades mayores de 2.50 m. La pendiente más conveniente de las paredes inclinadas de los canales parece ser la de 1.50 : 1.

Hasta hace algunos años el período de sedimentación de los tanques Imhoff era de dos o más horas, sobre todo en los Estados Unidos, pero en los últimos años se ha reducido en todas partes a una hora y media y hasta a una hora, por la razón expresada al hablar del período de sedimentación de los tanques de sedimentación simple.

La velocidad de las aguas en los canales de sedimentación varía de 12 a 50 mm. por segundo, siendo, en general, mayor en los tanques alemanes que en los norteamericanos.

No hay normas fijas para la disposición de las entradas y salidas de las aguas en los canales de sedimentación. En Hattingen las aguas llegaban a una canaleta - vertedero de entrada y eran recogidas por otra completamente igual, a la salida. En Trenton las aguas entraban atravesando varios orificios de sección circular practicados en tabiques de madera, emplazados en las cabeceras de los canales de sedimentación, y salían por encima de vertederos emplazados en las extremidades opuestas. Sea cual fuere la disposición de las entradas y salidas de las aguas en los canales de sedimentación de un tanque, es condición esen-

cial para su buen funcionamiento evitar las desnivelaciones o caídas que puedan dar origen a corrientes transversales de un canal a otro, a través de la cámara de digestión, que perturbarían el proceso que en ella se realiza y reducirían además la eficacia de la sedimentación. Como norma general, sobre todo en los tanques grandes con cámaras de digestión formadas por varias celdas o secciones, se construyen las entradas y las salidas de manera que pueda invertirse cada mes, o con mayor frecuencia, si se juzgara necesario, el sentido del movimiento de las aguas en los canales de sedimentación, para favorecer la distribución uniforme de los barros en dichas cámaras.

Tampoco hay normas fijas para el emplazamiento de los diafragmas que se colocan después de las entradas y antes de las salidas de los canales de sedimentación, para detener los cuerpos flotantes.

Todos los operadores coincidían en que sólo por tanteos se puede llegar a obtener en cada caso la mayor eficacia de los dispositivos emplazados en las entradas y salidas de dichos canales, para regular el desplazamiento uniforme de las aguas en un tanque Imhoff. Igual cosa nos expresaron respecto a los ya mencionados diafragmas.

En la actualidad no se aconseja colocar tabiques transversales en los canales de sedimentación, usados en algunas instalaciones antiguas.

Las ranuras deben ser amplias para que no puedan obstruirse facilmente y el solape debe ser de 20 a 25 cm., para evitar la proyección de materias ya sedimentadas de las cámaras de digestión a los canales de sedimentación.

Se considera fundamental dotar a los tanques Imhoff de cámaras de digestión de capacidad apropiada. La mayoría de las dificultades que se han encontrado en los tanques de ese tipo en el pasado provenían de la insuficiencia de las cámaras de digestión, sobre todo en los Estados Unidos, donde fué corriente hacer esas cámaras muy reducidas. Los tanques de Plainfield son un ejemplo de lo que queda dicho. Los tanques de Essen - Rellinghausen, que en su primera época sirvieron de modelo a muchos constructores, tuvieron que hacer frente hace unos años a una población superior a la considerada al construirlos, funcionando en esa época irregularmente, debido más que nada a la insuficiencia de las cámaras de digestión, cuya capacidad llegó a reducirse a menos de 22 litros por persona servida. La práctica ha demostrado que los tanques con cámaras de digestión amplias han dado buenos resultados siempre.

Según el Dr. Imhoff, es suficiente prever las cámaras de digestión con una capacidad útil de 28 litros por persona servida, donde la temperatura media anual de los barros sea de 15.° C., debiéndose aumentar las previsiones donde la temperatura media no alcance a la indicada. Según el mismo investigador convendrá aumentar en un 50 °/o la capacidad de las cámaras de digestión de los tanques de las estaciones de depuración que no estén rigurosamente controladas, para anular los efectos de una conducción poco esmerada.

Debido especialmente a las condiciones climatéricas, para las poblaciones del norte de los Estados Unidos o el Canadá, los técnicos norteamericanos preven 56 litros por persona servida por el alcantarillado tributario y para las poblaciones del sur 28 litros, cuando se trata de aguas domésticas provenientes de

alcantarillados de sistema separativo. Para aguas de alcantarillado del sistema unitario consideran un aumento de un 50 %, en ambos casos.

La capacidad útil de las cámaras de digestión se calcula en todas partes, limitándola por la parte superior por el plano horizontal que pasa 45 cm. por debajo del nivel inferior de las ranuras de los canales de sedimentación.

La pendiente de las superficies inclinadas del fondo de las cámaras de digestión es generalmente de 0.50 : 1.

El diámetro mínimo de los tubos de extracción de barros es de 20 cm. El Dr. Imhoff aconseja proteger los tubos contra la corrosión de las juntas y la pared externa, en la zona en contacto con el agua, revistiéndolos con una camisa de hormigón armado.

Los técnicos norteamericanos aconsejan dar una superficie conveniente a las bocas de salida de las campanas de gases de los tanques no equipados para recogerlos, que permita su pasaje a través de la capa esponjosa de materias en suspensión o costra, que siempre se forma sobre la superficie del líquido. En caso contrario, los gases producirían convulsiones capaces de arrastrar a los canales de sedimentación las materias ya sedimentadas. Según el Dr. Imhoff, en 18 de las 27 instalaciones con tanques de su invención en la zona del Ruhr, no se producía una capa de sólidos flotantes de gran espesor en la boca de salida de gases de las cámaras de digestión. En los restantes la capa de sólidos era más importante en los tanques que tenían la boca de mayor área, lo que parece estar en contradicción con los informes recogidos en las estaciones norteamericanas. En las instalaciones del Ruhr la capa fué siempre insignificante en los tanques con cámaras de digestión cerradas, por cuya causa se construyeron campanas de captación de gases en todos los tanques, hasta en los más pequeños cuyos gases no se utilizan, y se adoptó el tipo de tanque empleado en Hattingen. En algunos tanques, como en los de esa estación, se colocaron agitadores para evitar o destruir la reducida capa de sólidos que pudiera formarse.

Siendo los tanques Imhoff sensibles a los cambios de temperatura exterior y a las variaciones accidentales de la composición de las aguas, posibles en toda planta, los operadores estaban de acuerdo en que no hay normas que permitan asegurar lo que podríamos llamar el funcionamiento automático de los tanques, por lo que es necesario dedicarles una atención asídua, tratando de sacar partido de los recursos que el estado actual de la técnica pone a disposición de los encargados de su control y vigilancia.

Como era de esperar, la formación de espumas, la de una capa espesa de cuerpos flotantes en las bocas de las cámaras de digestión, y los malos olores, fueron los principales inconvenientes con que tuvieron que luchar algunos de los técnicos que conocimos, al poner en funcionamiento los tanques o posteriormente.

Se desconocen todavía las causas que originan las espumas y demás inconvenientes de funcionamiento que suelen ofrecer los tanques Imhoff, pero en la práctica se ha logrado anularlos o reducirlos considerablemente dando a las cámaras de digestión una capacidad suficiente, mezclando los barros frescos con barros maduros (siembra), controlando la reacción de los barros por

medio de la cal hidratada, o asegurando la mezcla íntima de los barros frescos con los barros maduros; llegándose hasta establecer la circulación de los barros contenidos en los tanques, cuando se ha juzgado conveniente. La calefacción de las cámaras de digestión sólo se ha hecho en Essen - Rellinghausen.

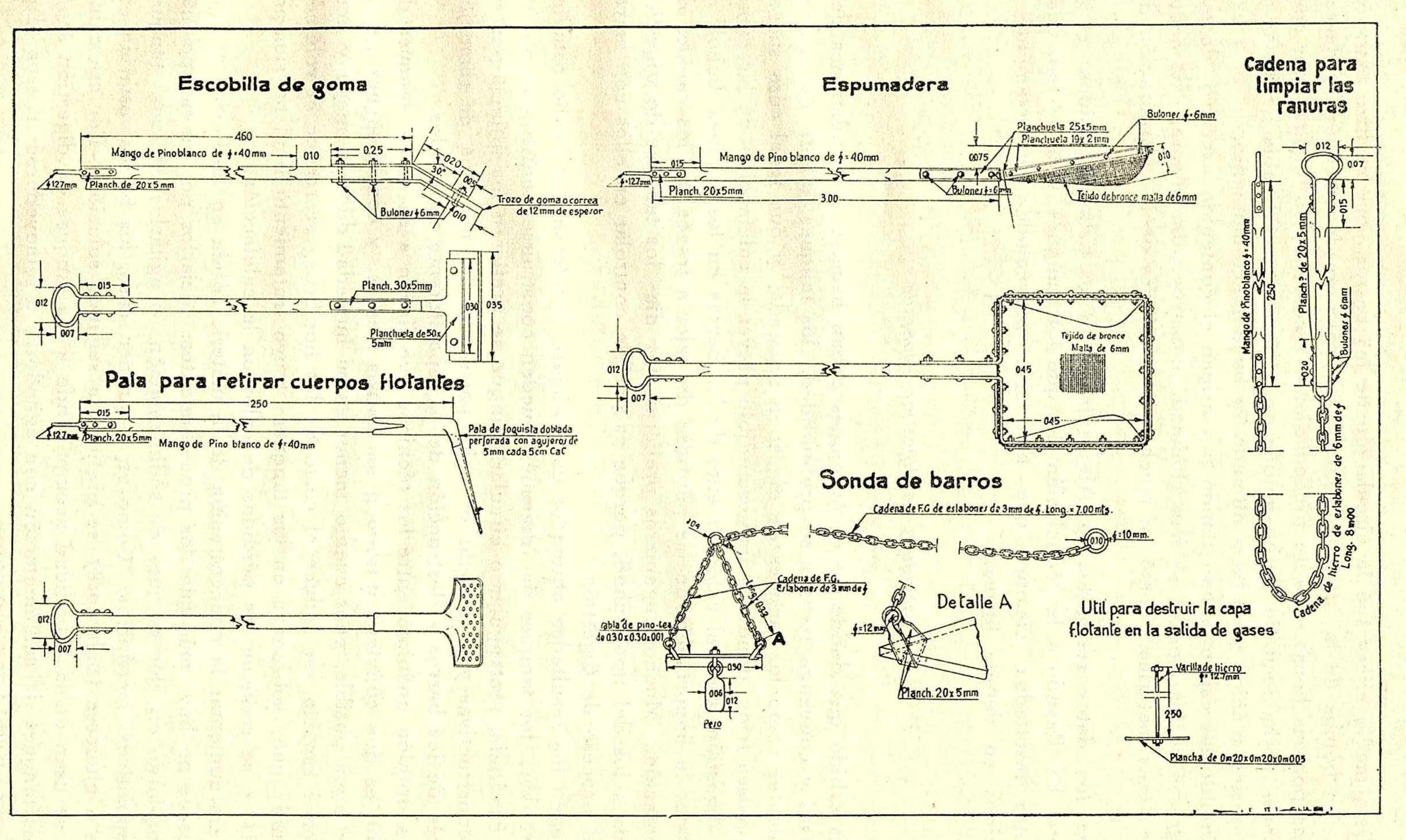
Según el Dr. Imhoff, unicamente en los tanques de una sola, de las 27 estaciones a su cargo, se produjeron espumas durante el período de maduración y posteriormente, solo cuando recibieron caudales superiores a los que razonablemente podían tolerar. A su juicio, la ausencia de espumas en los tanques restantes debe atribuirse a que muchos fueron sembrados al ponerse en funcionamiento, con barros maduros activos de otras plantas, que los otros recibieron al principio de su puesta en servicio los barros de pozos negros ya viejos y digeridos (1) y que las aguas por estar mezcladas con otras calientes provenientes de las minas de la región, tienen siempre una elevada temperatura, favorable para la digestión de los barros. Como más adelante haremos algunas consideraciones sobre el proceso de digestión de los barros en las cámaras construídas con ese fin (tanques Imhoff o tanques de digestión separada), proceso íntimamente ligado a la formación de espumas, a continuación sólo nos referiremos a las medidas adoptadas en las estaciones de depuración visitadas, para combatir ese y los demás inconvenientes de los tanques Imhoff.

Para evitar los olores y la formación de espumas, se pasaba frecuentemente la escobilla de goma por las paredes de los canales de sedimentación, para retirar los sólidos adheridos a ellas, sobre todo la película degrasa adherida durante las fluctuaciones del nivel del líquido en los canales. La formación de una capa espesa de sólidos flotantes en la boca de salida de las campanas de gases, se evitaba por medio de chorros de agua a presión o con un útil especial constituído por una plancheta en el extremo de una varilla de 2.50 m. de largo, que se desplazaba de arriba a abajo y de abajo arriba, verticalmente. Como principio general se evitaba que la capa pudiera secarse en las horas de sol Todo cuerpo flotante en los canales de sedimentación era retirado por medio de útiles apropiados y cualquier acumulación de las ranuras era destruída por medio de una cadena unida a los extremos de dos varillas o perchas de madera, de sección circular, llevadas por dos obreros que recorrían los canales de un extremo a otro, caminando sobre cada una de las márgenes. En las canaletas de distribución de las aguas de las estaciones visitadas no se producían sedimentaciones de ninguna especie, condición esencial en un tanque del género que nos ocupa. La Fig. 209 muestra una serie de útiles proyectados por el informante para uso de las estaciones de depuración dependientes de la Dirección, en base a las observaciones realizadas en la estación de depuración de Trenton, descripta en la Segunda Parte de este informe.

Para combatir las espumas se ha echado mano a veces al recurso de extraer barros de las cámaras de digestión, solución que suele dar buenos resultados, sobre todo cuando las espumas son una consecuencia de que el nivel de los barros en la cámara de digestión está muy próximo a las ranuras de los canales de sedimentación.

---

(1) Siembra incompleta.



Escobilla de goma
Mango de Pinoblanco de ∮=40mm
Planch. de 20x5mm
Bulones ∮=6mm
Trozo de goma o correa de 12mm de espesor
Espumadera
Mango de Pino blanco de ∮=40mm
Planch. 20x5mm
Planchuela 25x5mm
Planchuela 19x2mm
Bulones ∮=6mm
Tejido de bronce malla de 6mm
Tejido de bronce Malla de 6mm
Cadena para limpiar las ranuras
Mango de Pinoblanco ∮=40mm
Planch.ª de 20x5mm
Bulones ∮ 6mm
Cadena de hierro de eslabones de 6mm de ∮ Long. 8m00
Planch. 30x5mm
Planchuela de 50x5mm
Pala para retirar cuerpos flotantes
Planch. 20x5mm
Mango de Pino blanco de ∮=40mm
Pala de joquista doblada perforada con agujeros de 5mm cada 5cm CaC
Sonda de barros
Cadena de F.G de eslabones de 3mm de ∮. Long. = 7.00 mts.
Cadena de F.G. Eslabones de 3mm de ∮
Tabla de pino-tea de 0.30x0.30x0.01
Peso
Detalle A
Planch. 20x5mm
Util para destruir la capa flotante en la salida de gases
Varilla de hierro ∮=12.7mm
Plancha de 0m20x0m20x0m005

(FIG. 209)

Otro medio eficaz fué la circulación de los barros, que se hizo extrayéndolos con bomba de la parte inferior de las cámaras de digestión y descargándolos por sus bocas. Es un procedimiento recomendable cuando por cualquier causa se ha recibido en un tanque un volúmen considerable de aguas en descomposición ácida y se haya alterado su buen funcionamiento.

Cuando las espumas han tenido por origen el contenido excesivo de materias grasas en las aguas, se han eliminado construyendo cámaras de captación de esas materias, como en muchas instalaciones de la Corporación del Ruhr.

De los datos recogidos en Alemania y en los Estados Unidos, el informante ha llegado a la conclusión de que los tanques Imhoff han dado excelentes resultados, siempre que han sido proyectados correctamente y conducidos en debida forma.

Tanques de digestión separada

Es sabido que donde las excavaciones deban hacerse en condiciones desventajosas y convenga reducir su profundidad, los tanques Imhoff no son tan convenientes como los tanques de digestión separada, y que igual cosa sucede en los países fríos, donde es imprescindible prever la calefacción de las cámaras de digestión, pues el calentamiento de los barros en los tanques Imhoff es difícil, por la importancia de las pérdidas de calor a través de los canales de sedimentación. Muchos ingenieros prefieren hoy día los tanques de digestión separada a los del tipo Imhoff, porque es posible controlar en ellos con mayor rigor el proceso de digestión.

Según los resultados obtenidos en Baltimore, donde se han hecho estudios comparativos, los tanques de digestión pueden construirse indistintamente de planta cuadrada, rectangular o circular, aunque se prefieren los últimos por razones constructivas y para sacar el mejor partido de los aparatos de remoción y mezcla de los barros y destrucción de la capa flotante de sólidos.

La opinión unánime entre los técnicos que tienen a su cargo tanques de digestión es que conviene introducir los barros frescos, y con el menor contenido de agua posible, pues cuanto menor es su humedad digieren mejor y ocupan menor espacio, se reduce el costo de los bombeos, se reduce el volúmen del líquido que sobrenada en los tanques (cuyo tratamiento final no siempre es fácil) y se reducen las pérdidas de calor en la calefacción.

Para aumentar la concentración de la materia sólida en los barros ordinarios frescos no hay más que dos procedimientos: dejarlos por un tiempo más o menos largo en los tanques de sedimentación o agitarlos en esos tanques con dispositivos mecánicos. Como en el primer caso, los barros estarían expuestos a alterarse (Baltimore) se prefiere la segunda solución. Por esa causa es que se usan en la actualidad acompañando a los tanques de digestión separada, los tanques de sedimentación con agitadores o removedores (Essen - Rellinghausen, Red - Bank, Toronto).

Para disminuir el contenido de agua de los barros activados en exceso,

es en la actualidad una práctica muy difundida enviarlos a los tanques de sedimentación preliminar, como en Essen - Rellinghausen. Esa operación permite introducir a los tanques de digestión un barro con un contenido de agua menor que si se introdujeran separadamente los barros obtenidos en la sedimentación preliminar y los activados en exceso.

Generalmente los barros digeridos que se extraen de las cámaras de digestión tienen 88 a 90 °/ₒ de humedad, cuando proceden de tanques de sedimentación que no reciben barros activados en exceso; en caso contrario tienen 92 a 96 °/ₒ.

Para evitar que los barros frescos puedan formar acumulaciones o "bolsas" que no llegan a mezclarse con los barros maduros e impiden el escape de los gases, los tanques modernos se equipan con removedores mecánicos o rastras de fondo y paletas destructoras de la capa flotante de sólidos. Las rastras deben desplazarse a reducida velocidad como en Red - Bank, para evitar la formación de espumas y el aumento de contenido de sólidos en el líquido que sobrenada en los tanques.

En casi todos los tanques de digestión separada que hemos visto se captaban los gases, para quemarlos en las calderas de los aparatos de calefacción de los barros. En Birmingham y Plainfield las campanas de captación eran flotantes; en el resto de las instalaciones, fijas.

Según el Dr. Imhoff los tanques de digestión separada sin aparatos de calefacción deben tener una capacidad mínima de 48 litros por persona servida y los que tengan calefacción una capacidad mínima de 28 litros por persona servida. Según el Dr. Rudolfs, (1) en un tanque en el que no se corrija o regule el pH de los barros, pero se mantenga la proporción correcta entre los barros maduros y frescos, se debe prever una capacidad por persona servida de 75 litros, por lo menos. Controlando la reacción con oportunas adiciones de cal hidratada, la capacidad unitaria efectiva puede reducirse a 40 litros.

En los tanques de las estaciones de depuración que no estén rigurosamente controladas convendrá aumentar la capacidad en un 50 °/ₒ, para anular los efectos de una conducción poco esmerada.

Por regla general se proporcionan las cámaras de digestión de modo que los barros no alcancen nunca un nivel superior a 30 cm. por debajo de la boca del tubo de rebalse del líquido que se acumula encima de ellos, pues si no se tomara esa precaución ese líquido, normalmente claro y con menos de 0.3 °/ₒ de sólidos, adquiriría una gran concentración de sólidos, debido a las partículas removidas por los gases al escapar, y su tratamiento, que generalmente consiste en mezclarlo con las aguas frescas a la entrada de los tanques de sedimentación preliminar, se dificultaría.

Los tanques de digestión separada de algunas de las estaciones visitadas (Red Bank, Plainfield, etc.) acusaron, sobre todo en los primeros tiempos después de su puesta en marcha, los mismos inconvenientes de funcionamiento que los tanques Imhoff de otras estaciones; inconvenientes que fueron combatidos en la forma que se expresó al hablar de estos últimos tanques.

---

(1) El informante visitó con el fin de documentarse para la preparación de este trabajo, al Dr. Willem Rudolfs, Jefe del Departamento de Investigaciones sobre aguas residuales, de la Estación Experimental de Agricultura, del Estado de Nueva Jersey (E. U. de N. A.) y técnico de gran reputación en materia sanitaria, de quien obtuvo valiosas referencias y los datos importantes que se mencionan en esta parte de su informe.

Campos de irrigación

Como es sabido, los campos o terrenos de irrigación fueron muy usados hasta hace unos 20 años para el tratamiento de las aguas residuales, previa clarificación, en Europa y Norte América, pero desde que los tratamientos biológicos artificiales se fueron perfeccionando comenzaron gradualmente a desecharse, debido a que exigen áreas extensas, producen olores, etc. De las ciudades visitadas por el informante, sólo París, Reims, y Milán emplean la irrigación todavía. Como las instalaciones de la primera de esas ciudades han sido descritas en detalle y su funcionamiento se ajusta a los principios aplicados en todas las estaciones del mismo género, no se juzga necesario hacer sobre ese sistema de depuración otras consideraciones.

Estanques de peces

El tratamiento de aguas residuales en estanques de peces, previa sedimentación preliminar o acondicionamiento de las aguas, se usaba en Estrasburgo y Munich. Es un procedimiento originario de Berlín y usado actualmente también en algunas ciudades de Holanda. Las instalaciones de Munich fueron construídas con gran criterio científico y como al describirlas en la Parte Segunda de este informe, se han hecho los comentarios que nos sugirieron durante la visita, juzgamos innecesario extendernos en nuevas consideraciones.

Filtros intermitentes de arena

En la gira sólo le fué posible al informante visitar una estación de depuración con filtros intermitentes de arena: la que trata las aguas de las poblaciones situadas en la cuenca del río Rockaway, aguas arriba de la presa de Boonton. Como ya se dijo, se utilizaban para tratar el efluente de los lechos de contacto, obteniéndose por su intermedio un efluente de la más alta calidad, límpido y de reducido contenido de bacterias.

Los filtros de arena de Boonton se han comportado perfectamente desde su puesta en servicio, exigiendo una conservación de moderado costo.

Los filtros intermitentes de arena constituyen, sin duda alguna, un género de instalación que tiende a desaparecer, por lo que no consideramos justificado extender los comentarios a su respecto.

Lechos de contacto

Fué asimismo en la Estación de depuración de Boonton, donde el informante pudo ver en funcionamiento los lechos de contacto, lechos que en la actualidad sólo se usan en pequeñas instalaciones o donde se dispone de desniveles reducidos y se quiere suprimir la elevación mecánica de las aguas que requirirían los lechos percoladores, pues la pérdida de carga a través de aquellos lechos es mucho menor. Tienen sobre los lechos percoladores además, la ventaja de no producir olores ni favorecer el desarrollo de moscas. Esas ventajas decidieron su aplicación en la estación de Boonton, al tenerse que desechar, por las razones que se expusieron al describir esa planta, el tratamiento por los barros activados.

En Boonton los lechos de contacto se han comportado perfectamente desde su puesta en servicio, exigiendo una conservación poco onerosa.

A juicio del informante, dado el perfeccionamiento adquirido por otros tratamientos secundarios, es muy difícil que en el futuro se construyan lechos de contacto en grandes instalaciones. Como por otra parte, su construcción se realiza de acuerdo con los principios divulgados en la literatura técnica corriente, no se considera justificado hacer otras consideraciones.

Lechos percoladores

Apesar del incremento que ha tomado en estos últimos años el tratamiento por los barros activados, los lechos percoladores son todavía muy empleados en Alemania, Inglaterra y Norte América. Son excelentes, como medio para remover y oxidar la materia orgánica en suspensión o en estado coloidal, de las aguas que han sufrido una sedimentación preliminar, siempre que no se excedan las dosis compatibles en cada caso con la composición de las aguas y se les preste el reducido cuidado que requieren para su conservación. Son eficaces, de funcionamiento sencillo y de explotación económica, pero exigen un gasto inicial crecido y una superficie de terreno relativamente extensa.

Según se ha dicho, los lechos de las plantas visitadas estaban constituídos por escorias (Carrières - Triel, Mont - Mesly y Birmingham) o piedra partida (Birmingham y Baltimore), en trozos de tamaños variables entre 20 y 63.5 mm.; dimensiones que en la práctica han resultado ser las más convenientes, en todas partes. Tanto la escoria como la piedra partida han dado excelentes resultados en esas estaciones. En general, el material filtrante cumplía los requisitos técnicos indispensables: estaba constituído por trozos duros, de tamaño uniforme, limpios, libres de resíduos, polvo, etc. Las tres dimensiones de cada trozo eran aproximadamente iguales.

El espesor de los lechos observados variaba de 1.55 m. en Çarrières - Triel, a 2.60 m. en Baltimore. Si bien es cierto que se han construído lechos de 1.50 m. y hasta de 3.90 m. de espesor que han trabajado eficazmente, en la actualidad se considera lo mejor y eficaz prever espesores no inferiores a 1.80 m. ni mayores de 2.40 m.

La disposición de los drenajes variaba de una instalación a otra, así como los materiales que los formaban. De nuestras averiguaciones resulta que el sistema más sencillo y eficaz consiste en construir la losa del fondo en fajas paralelas en forma de dientes de sierra, separadas unas de otras por canales colectores, que se recubren con losetas de hormigón. El material filtrante se coloca directamente encima de las losas y losetas. Las pendientes mínimas de las losas y canales debe ser de 1 °/₀.

Los lechos de las plantas visitadas no tenían dispositivos para aumentar la aeración de los lechos o ventiladores, y de los informes que nos fueron suministrados puede deducirse que no son necesarios. La corriente de aire que se produce naturalmente en los lechos de abajo a arriba, es suficiente para mantenerlos en las condiciones de máxima eficacia.

Por una causa semejante, y por ser ventajoso poder inundar los lechos, como lo diremos enseguida, se aconseja hacer los muros llenos y no con barbacanes, como se hacían antiguamente.

En Europa son muy usados los distribuidores giratorios (en Inglaterra sobre todo) y los de carro con movimiento automático alternativo, o de ida y vuelta, de tipos similares a los que hemos mostrado al hablar de la Estación de depuración de Carrières - Triel. En los Estados Unidos de Norte América se usan exclusivamente las boquillas o pulverizadores en las grandes instalaciones, pero en las pequeñas todavía se usan bastante los distribuidores rotativos. Los pulverizadores exigen cargas o desniveles mayores que los otros dispositivos y un sistema de regulación para producir las intermitencias necesarias para el buen funcionamiento de los lechos. En Plainfie'd se usaban con ese objeto cámaras con sifones de descarga automática y en Baltimore válvulas de mariposa, según tuvimos oportunidad de expresarlo. Para instalaciones de pequeña y mediana importancia, a nuestro juicio convendrá tener en cuenta en cada caso todos los factores que influyen, al hacer la elección del sistema de distribución de las aguas sobre los lechos percoladores, pues la importancia de las ventajas y los inconvenientes de los distribuidores de carro o giratorios y de los pulverizadores, varía con las dimensiones de las plantas, las cargas disponibles, los caudales máximos a tratar, la proximidad de las viviendas, etc.

La carga estática sobre el nivel de los lechos en Carrière - Triel era de 1.46 m., suficiente para mover los distribuidores de carro y airear las aguas. La carga estática sobre los pulverizadores era de 2.60 m. en Mont - Mesly, de 1.80 m. en Birmingham y de 2.75 m. en Baltimore. Término medio, para un lecho de 1.80 m. de espesor se necesita un desnivel de 3.70 m. entre el nivel más elevado en las cámaras de dosaje y el del drenaje. Para pulverizadores espaciados de 3.70 m. a 4.50 m. se necesita por lo menos una carga sobre ellos de 1.50 m. Indudablemente, si las cargas disponibles son menores, la separación de los pulverizadores será menor; aumentándose entonces el costo inicial de los lechos por concepto de esas piezas y tubos de alimentación.

Los volúmenes medios tratados diariamente por hectárea de lechos, variaban en las instalaciones visitadas desde 6730 m.^{3} en Birmingham, con aguas que no sufrían el tratamiento previo de bio - coagulación, a 28.000 m.^{3} en Baltimore. Los volúmenes medios tratados diariamente por metro cúbico de lecho variaban desde 415 litros en Birmingham, con aguas que no sufrían el tratamiento previo de bio - coagulación, a 1.085 litros en Baltimore. Como ya se expresó, en Birmingham previa bio - coagulación se han podido tratar aguas con grandes cantidades de materias coloidales a razón de 17.000 m.^{3} por hectárea o sea 1 050 litros por metro cúbico de lecho.

En los Estados Unidos se ha comprobado que con lechos y dispositivos de regulación y distribución similares, es posible tratar un volúmen diario de aguas aproximadamente constante, por unidad de volúmen de material filtrante, cualquiera que sea el grado de concentración de las aguas, dentro de los límites corrientes. Ese volúmen diario oscila entre 600 y 900 litros por metro cúbico de lecho, para aguas ordinarias de origen doméstico, recogidas en alcantarillados de sistema separativo o para aguas de alcantarillado de sistema

unitario, con ninguna o reducida proporción de aguas residuales de origen industrial. En las instalaciones alemanas sucede aproximadamente la misma cosa. Las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública de Inglaterra prescriben las siguientes dósis por metro cúbico de lecho, para aguas que hayan sufrido una sedimentación previa:

Aguas cargadas	270	lts. por m.^{3} de lecho
Aguas medianamente cargadas .	425	» » » » »
Aguas debilmente cargadas . .	600	» » » » »

Debe tenerse presente que las aguas debilmente cargadas de las ciudades inglesas son mucho más concentradas que las de origen doméstico corrientemente encontradas en los Estados Unidos de Norte América y el Canadá.

El Dr. Imhoff aconseja prever un metro cúbico de lecho por cada 8 personas servidas, cuando los consumos de agua potable son muy reducidos y las aguas muy cargadas, considerando incorrecto en esos casos calcular el volúmen de los lechos sobre la base de los caudales que llegan a las estaciones de depuración.

Según referencias de los técnicos encargados de su control, el efluente de los buenos lechos percoladores que vimos en funcionamiento no tenía más de 40 p. p. m. de materias en suspensión, tenían una estabilidad relativa de 7 días por lo menos y requerían después de 5 días de incubación 20 p. p. m. de oxígeno bio - químico. Acusaban sensibles aumentos en los nitratos y grandes reducciones de bacterias.

La conservación de los lechos percoladores se reduce a mantener en buen funcionamiento los dispositivos de regulación de los caudales, los carros, brazos giratorios o pulverizadores de distribución, y a remover las piedras de la superficie o la capa adyacente de 10 a 20 cm. de espesor, para retirar los depósitos que se forman de materias sólidas, que de no ser retirados a tiempo pueden dar origen a acumulaciones importantes, generalmente perjudiciales. En otoño y primavera debe extremarse la conservación, pues es sabido que en esas épocas la película gelatinosa que rodea el material filtrante de los lechos percoladores se agrieta y es arrastrada en forma de coágulos o de escamas por el efluente, y si no se toman precauciones pueden producirse depósitos perjudiciales.

Debe asegurarse la repartición uniforme de las aguas sobre toda la superficie de los lechos, para evitar la existencia de zonas que no trabajan y zonas sobrecargadas. Eso se consigue regulando los aparatos de dosificación y manteniendo en buen estado los orificios de los brazos distribuidores o los pulverizadores.

Con la cloración o la bio - coagulación del agua afluente a los lechos, se ha logrado destruir las acumulaciones que entorpecían la marcha de los mismos, dando origen a charcos o lagunones en su superficie.

Los olores de los lechos percoladores se reducen mucho manteniendo las aguas en su estado fresco en los tratamientos preliminares. La cloración previa de las aguas tratadas ha sido a veces eficaz.

La mosca característica de estos lechos (Psychoda) se combate inundando o llenando los lechos una vez por semana y manteniéndolos así de 24 a 36 horas, clorando las aguas antes de distribuirlas sobre los lechos, o tra-

tándolas por medio de los barros activados o por los lechos de contacto sumergidos, como lo aconsejan los técnicos de Birmingham, el Dr. Imhoff y otras autoridades. La inundación de los lechos es eficaz para destruir las moscas adultas y las nuevas, pero no las larvas. Exige tener unidades de reserva. Se ha comprobado que la inundación de los lechos mejora su rendimiento anual, algunas veces.

Esa pequeña mosca de color gris claro, que constituye una verdadera plaga de los lechos percoladores, ha sido objeto de estudios detenidos. Su desarrollo comienza a las dos semanas de ponerse un lecho en servicio y sus larvas se encuentran siempre en la capa superior, de 10 cm. de espesor, de los lechos. Es una mosca que no vuela generalmente más de unos cincuenta metros, pero arrastrada por los vientos puede ocasionar molestias a distancias considerables, por su número. A veces están en cantidades tan grandes que es dificultoso permanecer en las proximidades de los lechos. De manera que constituyendo un inconveniente serio, en todas partes se extrema su destrucción. Las moscas de alrededor de los lechos se destruyen con insecticidas líquidos comerciales o kerosene.

En los lechos y a distintas profundidades, suelen encontrarse en mayor o menor cantidad, gusanos blancos o rojos, pequeñas arañas blancas o rojas, babosas y pequeños caracoles blancos, que en general no se combaten porque no son perjudiciales. Según informes recogidos, cuando los lechos trabajan seguido la actividad de las arañas no se manifiesta ostensiblemente, pero es suficiente dejar dos horas un lecho en reposo para que se las vea pulular en la superficie, hilando telas que a veces llegan a cubrir completamente los lechos. En días calurosos son suficientes tres cuartos de hora para eso. Hay algunas especies de arañas que hilan de noche sobre los bordes y los tepes de los terraplenes, grandes telas que de día se destruyen con facilidad.

Al describir las instalaciones de Bury y Birmingham ya tuvimos ocasión de hablar sobre los efectos beneficiosos del insecto conocido por el nombre de "achorutes viaticus", generalmente encontrado en los lechos de las estaciones inglesas y sólo por excepción en las de algunas instalaciones norteamericanas.

El desarrollo de la vida animal es indudablemente más intenso en verano que en el resto del año, sobre los lechos percoladores, exigiendo una mayor atención.

Si no se evitan los yuyos desde que hacen su aparición, pueden constituir también un inconveniente serio, por lo que se aconseja inspeccionar y carpir los lechos periódicamente, para encontrarlos y destruirlos. No está demás decir, que en ninguna estación visitada encontramos desarrollo de yuyos, ni siquiera en las zonas perimetrales, de ordinario mal irrigadas.

Barros activados

Según se ha visto en la descripción de las instalaciones visitadas que trataban las aguas residuales por medio de los barros activados, el tratamiento consiste en someter las aguas a un proceso bio - químico mezclándolas íntimamente en tanques apropiados y en presencia de oxígeno atmosférico, durante tres o

más horas, con barros que se preparan al efecto agregándoles el oxígeno necesario para el mejor desarrollo de innumerables bacterias oxidantes, de las que están impregnadas, por así decirlo, todas sus partículas sólidas. Las materias en suspensión y en estado coloidal en las aguas se adhieren a las partículas gelatinosas de los mencionados barros y la materia orgánica en disolución es oxidada por las bacterias y sus fermentos o enzimas. La mezcla se hace pasar posteriormente a través de tanques de decantación final, donde se produce una rápida sedimentación, que dará como último resultado un efluente de la más alta calidad. Una parte de los barros que se recogen en los tanques de decantación final se envía a los tanques de aeración para el tratamiento de nuevos caudales de agua, y el resto sufre un proceso de transformación posterior, generalmente idéntico al que sufren los barros obtenidos en los tratamientos preliminares.

Como sucede con los otros procesos de depuración, no se conoce de una manera exacta y completa la naturaleza de los agentes activos y las transformaciones físicas, químicas y biológicas que tienen lugar. Hasta el presente los esfuerzos de los investigadores han sido encaminados, preferentemente, a perfeccionar los dispositivos necesarios y las condiciones en que se realiza el tratamiento, para asegurar la mezcla íntima de los barros activados con las aguas y un período de contacto conveniente, aumentar o conservar la mayor eficacia de los barros, etc., con el objeto de asegurar la calidad del efluente final. Como hemos visto, los medios de que se dispone para ello son muy diversos.

Es conocido que las ventajas principales del tratamiento por medio de los barros activados son: un alto grado de depuración (1); las instalaciones requieren una superficie relativamente reducida, desniveles poco importantes y tienen bajo costo inicial (2); el proceso de depuración no da lugar a olores, si a los barros en exceso se les dá un tratamiento apropiado como a los barros provenientes de otras instalaciones; los barros activados en exceso tienen un gran contenido de nitrógeno que los hace aptos para la preparación de abonos.

Las desventajas principales del tratamiento son: la producción de un volúmen de barros en exceso mayor que en cualquier otro procedimiento y barros de un contenido de agua que llega a 99.5 °/o, que los hace dificilmente manipulables; elevado costo de explotación; conservación más esmerada para mantener los mecanismos en buen estado. En las ciudades industriales se agrega a eso, la necesidad de controlar la naturaleza e importancia de las aguas provenientes de las fábricas que puedan llegar a las estaciones de depuración, para evitar las perturbaciones en la marcha del proceso depurador.

Hasta hace pocos años se juzgaba que no podía detenerse el tratamiento durante las horas de la noche, lo que se consideraba una desventaja importante, sobre todo para las plantas pequeñas, pero el Ing.° Bolton, de Bury, y otros investigadores, han demostrado que es posible hacerlo sin graves inconvenientes. Debe preferirse, sin embargo, el funcionamiento contínuo de las instalaciones.

---

(1) La reducción bacteriana alcanza en algunos casos al 99 °/o y la reducción del consumo bio-químico de oxígeno al 95 °/o.

(2) Importante, sobre todo, en localidades donde las tierras cuestan mucho y las maquinarias tienen precios moderados.

Los tanques de sedimentación preliminar se consideran imprescindibles en Alemania y en Norte América, en Inglaterra no; sin dejar de reconocerlos beneficiosos. En algunos casos, como en Bury, se les considera más útiles como medio de uniformizar las aguas antes de la aeración, que como medio de reducir su concentración.

Donde se desee fabricar fertilizantes o abonos con los barros, no se aconseja usar tanques de sedimentación preliminar, pues los barros de estos tanques contienen poco nitrógeno, no se mezclan bien con los barros activados en exceso y una vez mezclados aumentan el peso de la mezcla sin aumentar en igual proporción su valor. En esos casos se aconseja emplear simplemente tamices, como se dijo al hablar de estos dispositivos. Los resíduos de los tamices contienen casi tanto nitrógeno como los barros activados, pueden ser mezclados con ellos facilmente en los secadores o prensas, y aumentan el valor de las mezclas proporcionalmente a su peso.

En las instalaciones visitadas la producción de barros no justificaba los gastos de las instalaciones para fabricar abonos y todas ellas, por una razón u otra, contaban con tanques de sedimentación preliminar.

Los tanques de aeración por insuflación o por agitadores mecánicos, tipo Sheffield (Mont - Mesly) o Spiral - flow (Birmingham), deben hacerse lo más largos y angostos posibles, sin encarecer por eso las obras, por exceso de hormigón o mampostería, tuberías, etc. Parece que la relación entre el ancho de un canal y la longitud total del mismo debe ser de uno a quince o de uno a veinte; pero se han hecho instalaciones con la relación de uno a tres y de uno a treinta y cinco. Los tanques con agitadores "Simplex" suelen construirse en celdas o secciones de planta cuadrada de 6.00 a 8.00 m. de lado, separadas en grupos de 3 o 4 por diafragmas de superficie, para asegurar la aeración y la mezcla de las aguas con los barros activados.

La profundidad de los tanques de aeración es variable. En Alemania y Norte América se acostumbra dar a los tanques con difusores, de 3.00 a 4.50 m. de profundidad. En Inglaterra sucede más o menos lo mismo con los tanques de reciente construcción, con difusores o del tipo "Sheffield" o "Spiral - flow". La menor profundidad de muchos tanques existentes se debe a que son antiguas estructuras transformadas. Los tanques de aeración "Simplex" tienen generalmente 4.50 m. de profundidad máxima.

Para mezclar y airear las aguas con los barros activados ya hemos visto que se usa la insuflación de aire simple, las ruedas de ejes horizontales o inclinados, los rotores horizontales, o la insuflación en combinación con las ruedas o paletas. La agitación de las aguas y su aeración por medio de aire insuflado es casi general en Norte América, mientras que en Inglaterra se han empleado mucho los agitadores mecánicos tipo "Simplex", "Hartley" o "Harworth", que vimos en Bury, Birmingham y Mont - Mesly respectivamente. En Alemania se ha usado la insuflación simple o en combinación con dispositivos mecánicos, como vimos en Essen - Rellinghausen. En Norte América tiende a difundirse el sistema combinado.

La absorción superficial de aire que originan los agitadores mecánicos es suficiente para proporcionar el oxígeno necesario a las aguas. En el sis-

tema de aeración y mezcla por insuflación, sólo un pequeño porcentaje del aire insuflado se necesita para suministrar el oxígeno requerido para el mejor desarrollo de los micro - organismos y el resto se utiliza para agitar, de ahí que muchos investigadores hayan buscado reducir los consumos de energía recurriendo a los agitadores mecánicos. Según el Dr. Imhoff, el sistema adoptado en Essen - Rellinghausen, paletas y difusores, es más económico que cualquiera de los otros sistemas usados. Muchos técnicos norteamericanos parecen coincidir en el mismo juicio. En Essen - Rellinghausen, para asegurar la permanencia del aire insuflado el mayor tiempo en las aguas, se le introduce por uno de los lados del canal de aeración, obligándolo a chocar contra las paletas en descenso. Las paletas son las encargadas de agitar la mezcla

Cualquiera que sea el procedimiento de aeración y mezcla adoptado, son condiciones esenciales: asegurar el suministro de la cantidad de aire necesaria para favorecer el desarrollo de las bacterias oxidantes; la mezcla íntima de los barros en las aguas, para favorecer la coagulación de las materias en suspensión o en estado coloidal y favorecer la oxidación de la materia orgánica en solución; la supresión de sedimentaciones parciales en los tanques, que crearían condiciones antagónicas a las necesarias para el buen desarrollo de las bacterias oxidantes y que podrían desactivar los barros, parcial o totalmente.

Para introducir el aire insuflado se usan los difusores en forma de placas o cilindros, casi exclusivamente, aunque hay instalaciones que usan tubos metálicos perforados. Los difusores han resultado más económicos que los tubos perforados. En Inglaterra y Canadá se usan placas de 0.90 $\times$ 0.20 m., de un material especial, montadas en un esqueleto o caja de fundición. En los Estados Unidos se usan placas cuadradas de 0.30 m. de lado, montadas en series de 4 a 10 unidades en esqueletos de hormigón o aluminio. Las placas y tubos usados en los Estados Unidos son de cuarzo fundido a elevadas temperaturas, en una forma especial. Los cilindros o tubos de material poroso se usan unicamente en los Estados Unidos. Son muy apropiados para las instalaciones pequeñas, pues permiten un desmontaje facil en pleno funcionamiento de los tanques de aeración. Instalados como en Madison - Chattam, permiten reducir la presión del aire, con la economía correspondiente. Las condiciones fundamentales de toda placa o tubo difusor deben ser: alta permeabilidad, reducida resistencia por fricción al pasaje del aire, resistencia a los esfuerzos exteriores, estructura uniforme, duración en servicio.

La superficie de los difusores depende de la cantidad de aire a descargar, las pérdidas por fricciones, etc. Era equivalente a 1/14 de la superficie total de los tanques, en Davyhulme, a 1/30 en Essen - Rellinghausen, debido al uso de las paletas agitadoras, y a 1/10, en Toronto. Se aconseja mantener esta última relación.

Para la limpieza de los difusores se aconseja retirarlos del servicio y calentarlos en un horno o estufa a 700° C, para quemar todas las materias orgánicas y el carbón, o sumergirlos en un baño de ácido. Pueden limpiarse sin ser retirados de sus esqueletos, con soluciones de ácido clorhídrico o legía y descarga subsiguiente de aire, en seco, para expulsar los resíduos; quemándolos

con una lámpara de soldador, etc, aunque con menor resultado que retirándolos del servicio.

El período de aeración varía mucho de una planta a otra. En Europa generalmente es de 6 horas, debido a la concentración de las aguas. En Essen-Rellinghausen era, sin embargo, de 3 a 3 $^{1}/_{2}$ horas. En Norte América, con aguas más débiles, el período de aeración medio oscila alrededor de 4 horas.

El volúmen de aire mezclado por metro cúbico de agua tratado, varía con la calidad de las aguas, el tipo de tanque empleado, el período de aeración, etc. Según los datos consignados, el consumo de aire en las plantas con dispositivos de insuflación variaba de 7.5 m.^{3} por metro cúbico de agua tratado, en Madison - Chatham y Toronto, a 7.9 y 8.6 m.^{3} por metro cúbico, en Manchester. En Essen - Rellinghausen el volúmen de aire insuflado se reducía a medio metro cúbico por cada metro cúbico de agua tratado, debido a que se disponía de paletas agitadoras para mezclar los barros con las aguas.

La cantidad de barros activados que se introduce en los tanques de aeración varía principalmente con la calidad de las aguas a tratar, la calidad de dichos barros, el sistema de aeración y mezcla y el objetivo final perseguido. Para un tratamiento completo, ya hemos visto que en Essen - Rellinghausen se empleaba el 8 °/₀ del volúmen de agua tratado, en Manchester del 15 al 25 °/₀, en Bury el 10 °/₀, en Bolton el 15 °/₀, en Madison - Chatham el 20 °/₀, y en Toronto del 15 al 20 °/₀. (1) En Birmingham, para un tratamiento parcial, la proporción variaba del 2 al 5 °/₀. La práctica es la que ha indicado en cada caso la proporción más conveniente

Hay otros medios más delicados y precisos para medir la proporción de barros a agregar a las aguas, pero el que hemos mencionado en el curso de este informe es el más práctico y el único aplicado generalmente.

Para elevar los barros activados a los tanques de aeración se usaban eyectores en París y Manchester; bombas en Essen - Rellinghausen, Birmingham y en las instalaciones norteamericanas; en Bury y Bolton se usaban rotores "Simplex". Es condición esencial que no se produzcan depósitos de barros en las canalizaciones, por eso en algunas instalaciones se empleaban difusores en los canales de conducción, para agitar los barros y conservarlos en buenas condiciones.

La reaeración, reactivación o acondicionamiento de los barros, en tanques o canales separados, no es siempre necesaria; depende principalmente del carácter de las aguas tratadas y del período de aeración a que se les somete. En plantas de dimensiones medianas y donde no se han construído de antemano plantas experimentales, como en Madison - Chatham y Toronto, se construyen canales de reaeración como medida de previsión, usándose o no, según los resultados obtenidos durante el funcionamiento. En Birmingham el acondicionamiento de los barros permite reducir la importancia de las avenidas de aguas industriales tóxicas.

Se aconseja evitar el aumento de volumen o abultamiento de los ba-

(1) Porcentajes medidos después de una hora.

rros (1) (fenómeno de desactivación más frecuente en las estaciones pequeñas que en las grandes, y atribuido a insuficiente aeración o a anormal composición de las aguas tratadas, etc., y que se traduce por una disminución en la densidad de los barros, que reduce la eficacia de la sedimentación final, y por lo tanto, la del proceso mismo) adicionando cal hidratada a las aguas, a su entrada a los tanques de aeración, para mantener el pH de las mismas dentro de los valores convenientes indicados por la práctica (de 7.6 a 8.0 generalmente). La adición de cal a la entrada de los tanques de decantación final es más facil y económica, pero de menor eficacia.

El procedimiento es caro, pues las dosis de cal son elevadas (de 300 a 500 p. p. m.)

La energía consumida para airear y agitar las aguas variaba de una planta a otra, entre límites bastante amplios. Con aguas domésticas puede calcularse un consumo de 6 a 10 C. V. por cada mil metros cúbicos tratados. En plantas pequeñas estas cifras pueden hasta duplicarse. En casi todas las instalaciones visitadas los compresores eran accionados por motores eléctricos que utilizaban la energía de las distribuciones públicas; pero donde no era posible hacer lo mismo, se han usado motores "Diesel"; habiéndose llegado a instalar grandes maquinarias a vapor en algunas importantes estaciones de los Estados Unidos.

A los barros activados en exceso se les daba distintos destinos. En Essen - Rellinghausen se los enviaba a los tanques de sedimentación preliminar, para reducir su contenido de agua antes de introducirlos a los tanques de digestión. En Birmingham y Toronto esos barros eran introducidos a los tanques de digestión, sin tratamiento previo. En París, Manchester (Withington), Bury y Bolton eran esparcidos sobre terrenos apropiados o en pantanos, en Madison - Chatham eran esparcidos sobre lechos de escurrimiento y en Manchester (Davyhulme) un 75 °/。 era arrojado al mar, por medio de una embarcación especial.

El Dr. Imhoff afirma que la mezcla de barros activados con barros frescos y maduros digiere perfectamente; el Dr. Rudolfs y sus colaboradores han hallado que los barros activados sembrados correctamente digieren más ligero y con menos olor que los barros frescos. Otros experimentadores han probado que los barros activados digieren bien aún sin ser mezclados con barros maduros. El Dr. Imhoff y algunos ingenieros ingleses y norteamericanos aconsejan prever las cámaras de digestión que reciban los barros activados en exceso, 100 °/。 más grandes que las que tratan barros frescos. El Dr. Rudolfs considera que el mayor volúmen de los barros está compensado por la mayor facilidad con que digieren y no considera justificada una previsión tan grande.

El tratamiento de las aguas residuales por los barros activados es un procedimiento atrayente y facilmente aplicable, pero que a juicio del suscrito exige una conducción técnica competente y una conservación esmerada, que en nuestro medio dificilmente podrían resultar económicas tratándose de depurar menos de 5.000 metros cúbicos diarios. Por otra parte, ese parece ser el lími-

(1) En inglés y lenguaje técnico corriente: "bulking".

te que haría posible la obtención de maquinarias de altos rendimientos mecánicos y bajo costo de explotación. Los problemas que crean los barros en exceso y los que podrían crear las aguas industriales tendrían fácil solución en poblaciones como nuestros centros urbanos, a juzgar por lo que hemos visto. La agitación y mezcla en unidades "Simplex" tal vez sea el sistema más sencillo, a igualdad de eficacia, para plantas medianas o pequeñas. Las averías de los mecanismos no son frecuentes con una conservación esmerada.

Lechos de contacto sumergidos

En la estación de depuración de Hattingen el informante tuvo ocasión de ver funcionar los lechos de contacto sumergidos o filtros Emscher, construídos de acuerdo con los principios preconizados por el Dr. Imhoff y sus colaboradores, quienes afirman haber conseguido con ellos, en Hattingen y otras localidades de la cuenca del río Ruhr, resultados altamente satisfactorios. Estos lechos, que no son otra cosa que un perfeccionamiento de los "colloiders" preconizados muchos años atrás por el Dr. Travis, en Inglaterra, y los filtros de láminas de Black y Phelps, de Nueva York, se consideran como dispositivos muy apropiados para tratar las aguas residuales donde no sea necesario producir un efluente tan depurado como el que se obtiene con los lechos percoladores o los barros activados. En Inglaterra y Norte América no se han construído instalaciones de importancia de este género y en Alemania sólo han sido construídas algunas plantas por la Corporación del Rhur. En París fueron ensayados experimentalmente los lechos de contacto sumergidos, al parecer, con resultados negativos.

Es condición esencial evitar que se formen acumulaciones de materias orgánicas dentro de los lechos, pues la depuración es realizada principalmente por los fermentos o enzimas que no pueden tolerarlas y son extremadamente sensibles. El sistema de distribuidores de aire con movimiento pendular y la construcción apropiada del fondo de los tanques adoptada en Hattingen, han resultado eficaces, así como la construcción de dos lechos en serie con la interposición de un tanque de decantación. Una vez por día (generalmente de noche) se introduce a través de los lechos una gran cantidad de aire para desprender los filamentos que cubren el material de relleno de los lechos y expulsarlos a los tanques de decantación, evitándose de ese modo las acumulaciones perjudiciales.

La construcción de los lechos en cajas separadas asegura la circulación de las aguas y el contacto de ellas con el material que sirve de soporte, por así decirlo, a los elementos biológicos activos. El nivel superior de las cajas queda unos 10 cm. por debajo del nivel del líquido.

El Dr. Imhoff afirma que con aguas que hayan sufrido una sedimentación preliminar, con una hora de aeración puede lograrse en los lechos de contacto sumergidos una reducción del 30 al 40 % en el consumo bio-químico de oxígeno de las mismas, o sea el 50 % de la que se obtiene generalmente con un tratamiento biológico completo. Con un período de aeración de 4 horas, afirma que puede lograrse un efluente similar al producido por los lechos per-

coladores o barros activados. La reducción de materias coloidales y en solución que puede llevarse a cabo en esos lechos con una hora de aeración, permitiría utilizarlos, como se emplean en Birmingham los barros activados, para el tratamiento preliminar de las aguas que alimentan los lechos percoladores, pudiéndose entonces adoptar en estos, dósis elevadas.

El Dr. Imhoff aconseja hacer las cámaras de digestión que reciban los barros de los tanques de decantación final, de las instalaciones de lechos de contacto sumergidos, como en Hattingen, un 50 °/。 más grandes que las que tratan barros frescos comunes.

Las ventajas de los lechos de contacto sumergidos serían, su bajo costo inicial y la sencillez de funcionamiento. Parece además que son menos sensibles que los barros activados a la acción tóxica de ciertas aguas industriales.

Tanques de decantación final (1)

La opinión de los técnicos sobre las ventajas de los tanques de decantación final para tratar el efluente de los lechos percoladores, es francamente favorable a ellos, pero exigen un cuidado extremo, pues hay que evitar el peligro de que su efluente se altere a causa de la descomposición anaeróbica de los barros recogidos en ellos, fenómeno que puede producirse facilmente debido a la extraordinaria actividad de las innumerables bacterias que contienen esos barros. De los informes recogidos, el informante ha deducido que su construcción sólo debe aconsejarse después de un estudio detenido, y en particular, de las características de los cursos en que se viertan en último término las aguas depuradas. En Baltimore se comprobó en muchas oportunidades que el efluente de los tanques de decantación final era de composición inferior al de los lechos percoladores. Donde se disponga de un curso de agua de regular caudal y se juzgue que los sedimentos arrastrados por el efluente de los lechos percoladores, aún en las épocas de "descargas periódicas" no sean de temer, pueden suprimirse, tal como se ha hecho en Carrière Triel y en Mont - Mesly (Paris).

Es indudable que los tanques de decantación final son imprescindibles en las instalaciones de barros activados y lechos de contacto sumergidos.

En Alemania y en Inglaterra se usan corrientemente los tanques profundos, tipo Dortmund, que resultan muy apropiados para recoger las materias sólidas en suspensión en estado de coágulos, en los efluentes de los lechos percoladores, de los tanques de bio - aeración y de los lechos de contacto sumergidos. En los Estados Unidos y el Canadá se usan corrientemente los tanques de planta circular o cuadrada de menor profundidad, equipados con dispositivos de remoción de barros. Se considera ventajoso que el movimiento de las aguas en los tanques de decantación final se haga del centro a la periferia y con movimiento ascensional, pues en esa forma antes de salir de los tanques

---

(1) Se agrupan en este párrafo, los tanques donde se reciben los efluentes de los lechos percoladores, tanques de bio - aeración o lechos de contacto sumergidos.

las aguas se ven obligadas a atravesar la cortina formada por los sólidos que decantan, con lo que se favorece una precipitación mayor.

El período de decantación del efluente de los lechos percoladores es generalmente de dos horas. El del efluente de los tanques de bio-aeración también. El del efluente de los tanques de Hattingen era de 30 y 90 minutos. En Bury el período de decantación del efluente de los tanques de aeración era de 5 horas, pero en general, como nos lo expresara el Ingeniero Bolton, no se precisaban más de 2 horas. El Dr. Imhoff considera que en ciertos casos una hora es suficiente.

En los tanques de tipo Dortmund los barros se extraen generalmente en forma similar a la utilizada en los tanques Imhoff, pero cuando deben elevarse a los tanques de aeración, suelen emplearse eyectores, bombas, etc. Con lechos percoladores se han usado tanques de decantación final tipo Imhoff, que no exigen el retiro de los barros, como los otros tipos de tanques.

Ya hemos dicho al ocuparnos del tratamiento por los barros activados, el destino que se les daba a los barros recogidos en los tanques de decantación final, que no se utilizaban en los de aeración, y al hablar de las instalaciones de Hattingen ya hemos dicho que los barros de los tanques de decantación final eran introducidos en las cámaras de digestión de los tanques Imhoff, previo bombeo. Todos esos barros eran retirados de los tanques antes de que entraran en descomposición, condición esencial para el buen funcionamiento de esas unidades, como se dijo anteriormente.

Cloración

En la actualidad es muy grande el partido que se saca del cloro en las estaciones de depuración de aguas servidas. En muchas de ellas, como en Boonton, se le emplea para esterilizar los efluentes generales, para no aumentar la concentración bacteriológica de las aguas de los ríos en que se vierten, si esos cursos de agua sirven como fuentes de abastecimiento, aguas abajo de los desagües; en otras se le emplea para reducir o suprimir olores, sobre todo en las estaciones que reciben aguas que han tenido dentro de los alcantarillados y emisarios una larga permanencia y que llegan sépticas, y en otras estaciones se utiliza el cloro para tratar el efluente de los tanques de sedimentación preliminar antes de enviarlo a los lechos percoladores, con el objeto de destruir los olores que puedan producir esos lechos y destruir las acumulaciones existentes en ellos. Se ha usado con mucho éxito, para reducir las espumas de los tanques Imhoff.

Cuando se aplica a los efluentes para esterilizarlos, se suele dejar por lo menos un cloro residual de media parte por millón, apreciado por medio de la ortotolidina, después de quince minutos de aplicado. Se aconseja hacer las determinaciones a las horas en que las aguas son más cargadas o más concentradas de impurezas, como medio de asegurar una esterilización eficaz. El empleo de cámaras de mezcla o contacto, como en Red Bank, es muy conveniente en esos casos.

Cualquiera que sean los fines perseguidos, son condiciones fundamentales

para asegurar la eficacia y economía de la cloración: una buena elección de punto de aplicación del cloro y de los dispositivos para introducirlo en las aguas y asegurar su acción esterilizante; la adopción de medidas que aseguren el período de contacto del cloro con las aguas, necesario para lograr los resultados deseados; la aplicación de dosis de cloro suficientes, teniendo en cuenta la composición de las aguas a tratar y el objetivo buscado.

En Alemania y Norte América, que es donde más se usa, el cloro se aplica con aparatos de los tipos utilizados para clorar las aguas de alimentación.

Tratamiento de los barros

a) Consideraciones sobre la digestión de los barros

Como se habrá observado, en este informe se ha designado con el nombre de barros a las materias sólidas removidas, con un porcentaje más o menos grande de agua, en los distintos tratamientos de depuración descriptos, con excepción de los retenidos en las rejas y tamices y en las cámaras desarenadoras. El tratamiento o digestión de esos barros constituye una de las operaciones más importantes dentro de una estación de depuración.

De acuerdo con los principios más modernos en materia de digestión de barros, cualquiera que fuese el tipo de cámara usado, en todas las instalaciones visitadas se mantenía una correcta proporción entre los barros frescos que se introducían en las cámaras de digestión y los digeridos contenidos en ellas; se favorecía o estimulaba la mezcla íntima de esos barros, para reducir los efectos de la digestión ácida de los barros frescos; se aseguraba a los barros una permanencia en las cámaras de digestión, suficiente para que llegaran, por lo menos, a lo que el Dr. Imhoff ha llamado "límite técnico de digestión"; es decir, al estado de no producir después de extraídos, olores desagradables y en el cual escurren rápidamente; se controlaba minuciosamente la reacción de los barros para mantener su pH entre 7.2 y 7.6. En las instalaciones más modernas de tamaño moderado, como Essen - Rellinghausen, Red-Bank, Plainfield, Boonton y Toronto se calentaban los barros, para disminuir el tiempo de digestión.

En todas las instalaciones con tanques de digestión separada se introducían los barros en estado fresco (con excepción de Baltimore), para evitar los efectos perjudiciales de la digestión ácida. Sólo en Birmingham se hacía la digestión en dos etapas sucesivas. (1).

Como era de esperar, todos los técnicos estuvieron de acuerdo en reconocer las ventajas de la siembra o mezcla de los barros frescos con una proporción conveniente de barros maduros (digeridos y activos) al poner en servicio una cámara de digestión, y en la necesidad de mantener durante el funcionamiento, de manera continua, una proporción correcta entre los barros existentes

(1) En Essen - Rellinghausen los dos tanques de digestión separada que estaban en construcción, fueron proyectados para poder trabajar en serie, como los tanques de Birmingham.

y los barros frescos, para evitar los efectos perjudiciales de la digestión ácida. Según los resultados de las experiencias del Dr. Rudolfs, la relación entre la cantidad de barros contenidos en una cámara de digestión y la cantidad de barros frescos a tratar diariamente en ella, debe ser de 50 a 1, calculando esas cantidades sobre la base del peso de la materia seca contenida en ambos barros. El Dr. Imhoff aconseja lo mismo. El Dr. Rudolfs ha encontrado que si el pH de los barros frescos se mantiene entre 7.2 y 7.6, de acuerdo con lo que decimos enseguida, podrían hacerse adiciones diarias equivalentes al 3.5 °/₀ de los barros contenidos en los tanques, sobre la base indicada anteriormente, y que si la temperatura de los barros se mantuviera alrededor de 22° C. y la conducción del tanque fuera muy cuidada, se podría elevar ese porcentaje al 5 °/₀.

El Dr. Rudolfs y sus colaboradores de la Estación Experimental de Agricultura de New Jersey han hecho estudios sobre la edad de los barros que pueden utilizarse para sembrar una cámara de digestión, habiendo llegado a la conclusión que el barro mejor es el que después de digerido ha estado almacenado un mes dentro del tanque de digestión. Según esos investigadores, después de un almacenaje de tres meses a 20° C, los barros pierden su valor para ser mezclados con los barros frescos, de ahí que no puedan usarse para sembrar un tanque los barros de un tanque abandonado, como muchos suponen. Un barro en el período álgido de su descomposición o digestión no sería tampoco el mejor para los fines indicados.

La conveniencia de agregar cal hidratada (1) para corregir la reacción de los barros contenidos en una cámara de digestión, es decir, mantener su pH entre 7.2 y 7.6 y reducir el período de digestión, fué reconocida también por todos los técnicos que consultamos, estando todos de acuerdo en que manteniendo esa reacción entre los límites indicados, los olores y las espumas no se manifiestan. En Plainfield se agregaba la cal hidratada a los barros de los tanques Imhoff, extrayéndolos, por medio de una bomba portátil, de la parte inferior de las cámaras de digestión y descargándolos por las bocas de dichas cámaras. En Red Bank se agregaba al tanque de digestión, sacando partido de los dispositivos especiales mencionados al describir la planta. En Toronto se instalaron dispositivos semejantes a los de Red Bank. En Trenton se agregó cal durante el primer año de funcionamiento de los tanques Imhoff.

En muchas instalaciones con tanques de ese mismo tipo, se ha agregado la cal a las aguas que entraban a ellos. Algunas veces eso dió buenos resultados, pero en la mayoría se empeoraron las cosas, pues la cal pasaba en suspensión en el efluente de los tanques, obstruyendo las boquillas o pulverizadores de los lechos percoladores y entorpeciendo el funcionamiento de estos.

Para corregir por medio de la cal hidratada la reacción de una cámara de digestión, parece que lo más práctico es agregarla diariamente en pequeñas cantidades y a tanteo, observando frecuentemente la variación sufrida por el

---

(1) El carbonato o bicarbonato de amonio y otras sustancias alcalinas pueden usarse con el mismo fin, pero son más caras que la cal.

pH y tratando de que se mantenga entre los límites ya indicados. Para apreciar el pH se aconseja utilizar el líquido que sobrenada en las cámaras de digestión, extrayéndolo de las proximidades del nivel superior de los barros. Agregándole cal hasta que su pH alcance al límite deseado se deducirá por una simple proporción, la cantidad necesaria a agregar a la cámara de digestión.

El Dr. Rudolfs y sus colaboradores han construído las curvas, Figs. 210 y 211, que podrán usarse cuando se desee calcular la cal con mayor precisión. Para su aplicación es necesario conocer la cantidad de materias sólidas presentes en la cámara de digestión, el contenido de materias volátiles en dichas

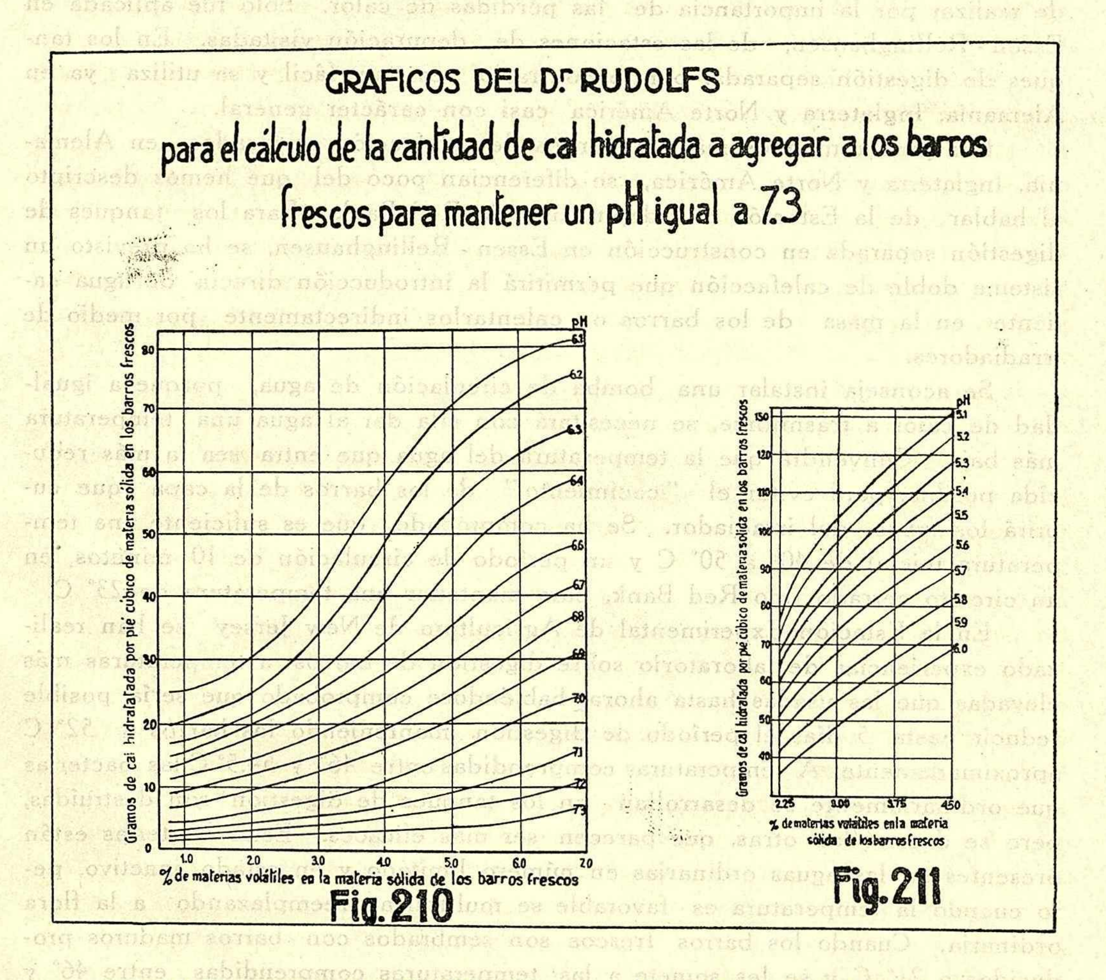


Fig. 210 Fig. 211

materias sólidas y el pH del líquido que sobrenade en la cámara. La experiencia ha demostrado que el contenido de cenizas de diferentes aguas residuales no es el mismo, especialmente cuando las aguas están mezcladas con aguas industriales, de ahí que para mayor precisión se utilice el porcentaje de materias volátiles como base del cálculo.

De los informes recogidos hemos deducido, que cuando dentro de una cámara de digestión se ha acumulado una cantidad grande de barros en digestión ácida es preferible vaciarla, dando un destino inmediato a los barros y

poniéndola de nuevo en funcionamiento bien sembrada y bajo riguroso control. Pretender corregir la reacción con cal en esos casos, sería contraproducente.

La calefacción de las cámaras de digestión, para mantener los barros a una temperatura próxima a la más favorable para su rápida digestión, es uno de los últimos avances en materia de digestión de barros y el único medio que ha permitido reducir a 45 y hasta 35 días, el período de digestión de 120 días, ordinariamente usado años atrás. Se ha comprobado que la temperatura óptima de digestión está comprendida entre 21° y 28° C y que a ella corresponde la mayor producción de gases.

Como ya lo dijimos, la calefacción de los tanques Imhoff es muy difícil de realizar por la importancia de las pérdidas de calor. Solo fué aplicada en Essen - Rellinghausen, de las estaciones de depuración visitadas. En los tanques de digestión separada, por lo contrario, es muy fácil y se utiliza ya en Alemania, Inglaterra y Norte América casi con carácter general.

Los procedimientos más modernos de calefacción empleados en Alemania, Inglaterra y Norte América, se diferencian poco del que hemos descripto al hablar de la Estación de depuración de Red Bank. Para los tanques de digestión separada en construcción en Essen - Rellinghausen, se ha previsto un sistema doble de calefacción que permitirá la introducción directa de agua caliente en la masa de los barros o calentarlos indirectamente por medio de irradiadores.

Se aconseja instalar una bomba de circulación de agua, porque a igualdad de calor a trasmitirse, se necesitará con ella dar al agua una temperatura más baja. Convendrá que la temperatura del agua que entra sea la más reducida posible, para evitar el "cocimiento" de los barros de la capa que cubrirá los tubos del irradiador. Se ha comprobado que es suficiente una temperatura inicial de 40° a 50° C y un período de circulación de 10 minutos, en un circuito cerrado tipo Red Bank, para mantener una temperatura de 23° C.

En la Estación Experimental de Agricultura de New Jersey se han realizado experiencias de laboratorio sobre digestión de barros a temperaturas más elevadas que las usadas hasta ahora, habiéndose comprobado que sería posible reducir hasta 5 días el período de digestión manteniendo los barros a 52° C aproximadamente. A temperaturas comprendidas entre 46° y 54.5° C las bacterias que ordinariamente se desarrollan en los tanques de digestión son destruídas, pero se desarrollan otras, que parecen ser más eficaces. Estas bacterias están presentes en las aguas ordinarias en número limitado y en estado inactivo, pero cuando la temperatura es favorable se multiplican reemplazando a la flora ordinaria. Cuando los barros frescos son sembrados con barros maduros producidos a 21° C y se les somete a las temperaturas comprendidas entre 46° y 54.5° C, al principio hay un período de reducida actividad y acondicionamiento de la vida microbiana, pero una vez iniciada ésta la digestión se termina en 12 o 15 días; siendo mayor la producción de gases y la reducción de materias volátiles y la composición de los gases similar a los de la digestión ordinaria. Los ensayos realizados por otros investigadores han confirmado los resultados anteriormente mencionados, pero el período de digestión se extendió a 10 días en los ensayos a gran escala.

Las ventajas económicas de la digestión a las temperaturas comprendidas entre 46 y 54.5° C no han sido todavía claramente establecidas. Es indudable que la reducción del período de digestión traería como consecuencia inmediata una sensible economía por la reducción de las dimensiones de las cámaras, pero los gastos de calefacción se acrecentarían. Por otra parte, algunos investigadores han hallado que el líquido que sobrenada en las cámaras en esas condiciones, es muy concentrado y de difícil tratamiento, y que los barros digeridos tienen mal olor y no secan tan rápidamente como los digeridos a temperaturas comprendidas entre 15° y 28° C.

La recolección de los gases producidos durante la digestión de los barros puede hacerse con pequeño desembolso y los beneficios siempre lo compensan. Esa recolección permite eliminar los olores y es imprescindible en estaciones, como la de Red Bank, ubicadas en la proximidad de viviendas.

En el cuadro N.° 28 que sigue, se han agrupado los datos relacionados con la producción de gases en las cámaras de digestión de algunas de las instalaciones visitadas.

CUADRO N.° 28

Producción de gas en las cámaras de digestión de algunas instalaciones visitadas

(Promedios de 12 meses de los años 1929 - 30)

Localidad	Población	Caudales medios tratados por día	Tipo de tanque usado	Volúmen de gas por habitante y día	Poder calorífico por metro cúbico de gas
		mts. cbs.			Calorias
Essen - Rellinghausen	45.000	23.000	Imhoff	5.9 lts.	7.000 a 9.800
Munich	500.000	194.000	Imhoff	13.7 »	———
Birmingham . . .	———	———	Separado	———	5.550 a 6.600
Zona Norte de Toronto	50.000	23.000	Separado, calentado y con agitadores	14.6 »	6.200

Por las informaciones que nos fueron dadas, no sería difícil que en la época actual, en los tanques modernos de Red Bank y Toronto se haya llegado a una producción de 21 litros de gas por habitante y día, como se esperaba.

Según el Dr. Imhoff, en Europa la producción de gases en un tanque de digestión que trabaje solamente hasta el límite técnico, alcanza en término medio a 8 litros por habitante y día. En Norte América la producción es generalmente mayor (14 litros) y a veces ha alcanzado cifras muy altas, por es-

tar mezcladas las aguas servidas de origen doméstico con otras de origen industrial ricas en materias orgánicas apropiadas.

Si en los tanques de digestión se tratan barros ordinarios y los activados en exceso, la producción de gases suele duplicarse.

La composición media del gas de los tanques de digestión es: 75 % de metano, 20 % de anhidrido carbónico y 5 % de nitrógeno y otros gases. Su poder calorífico varía de 5000 a 8000 calorias por metro cúbico.

La presión del gas debe ser de unos 13 a 15 cm. de columna de agua para que pueda llegar a las calderas. Indudablemente, ella dependerá en cada caso del peso de los techos o cubiertas de los tanques y de la forma como hayan sido construídos. Con techos pesados, recubiertos por una capa de tierra vegetal es posible llegar a presiones de 25 a 40 cm. de columna de agua. Esta solución se adopta generalmente en las grandes instalaciones, donde las cubiertas ligeras no permitirían obtener las presiones necesarias en las tuberías, por su gran longitud.

Como lo hemos dicho, en Essen - Rellinghausen se vende el gas en exceso después de cubrir las necesidades de la calefacción de la estación y en Birmingham se acciona un gran motor. En las estaciones norteamericanas que conocimos se usaba el gas para la calefacción de los tanques y los locales unicamente. En algunas estaciones recientemente construídas se utilizan los gases para accionar los compresores que envían el aire a los tanques de aeración.

b) Lechos de escurrimiento

El uso de los lechos de escurrimiento de los barros es general en Europa como en Norte América. Desde hace unos años, en el Norte de los Estados Unidos y en el Canadá se construyen dentro de construcciones de hierro y vidrios, del tipo visto en Boonton, Red Bank y Toronto, para poder escurrir los barros durante todo el año, eliminar olores, etc ; pero la gran mayoría son a cielo descubierto.

Los lechos de escurrimiento se construyen generalmente de acuerdo con los principios puestos ya en práctica en el país. Sin embargo, muchos técnicos consideran más conveniente construir losas de hormigón para asiento de los lechos, como en Madison - Chatham, que asentarlos sobre el terreno natural, convenientemente preparado para facilitar el drenaje de las aguas recogidas a través del material filtrante.

Las áreas previstas para los lechos de escurrimiento variaban mucho de una estación a otra. En Munich, donde los barros se utilizaban para fabricar abonos, el área prevista era de un metro cuadrado por cada 51 persona servida. En Baltimore y Trenton de un metro cuadrado por cada 14.5 y 16 o 18.4 personas, respectivamente. En Red Bank y Toronto, con lechos cubiertos, las áreas disponibles eran de un metro cuadrado por cada 19 y 38.8 personas, respectivamente. Los lechos de Red Bank fueron calculados con gran amplitud por tratarse de una planta pequeña. Los lechos de Trenton y Toronto se aproximan mucho a los promedios que arrojan las instalaciones a cielo abierto y cubiertas recientemente construídas en los Estados Unidos, donde en

los últimos tiempos se ha prestado mucha atención a los lechos de que se trata.

La mayoría de los operadores consideran que no es necesaria una capa de gravilla superior a 30 cm., ni una capa de arena superior a 10 cm. para retener los sólidos y facilitar el escurrimiento de los líquidos hacia el drenaje. Sin embargo, se prefiere muchas veces colocar una capa de arena de mayor espesor para compensar la que se retira con los barros escurridos después de cada aplicación, de manera que no se tengan que hacer restituciones frecuentes, sino una vez por año.

Los barros se extienden generalmente sobre los lechos artificiales en capas de 20 a 30 cm. de espesor, tratando de que puedan retirarse en el término de dos semanas, con tiempo bueno. Si los lechos están algo obstruídos deben extenderse en capas más delgadas. Antes de extender los barros la superficie de la arena deberá estar limpia, exenta de restos de barros anteriormente escurridos. Son condiciones fundamentales para un buen escurrimiento, no extender barros sobre capas parcialmente escurridas y asegurar que el espesor de la capa de barros de una descarga sea uniforme en toda la superficie de un lecho. Los barros deben retirarse de los lechos con la menor cantidad de arena posible.

En las grandes estaciones de depuración como la de Birmingham, Baltimore, etc. hemos visto disponer los barros formando grandes pantanos, aprovechando hondonadas del terreno, aparentes para ese objeto, inmediatas al resto de las instalaciones. Con las nuevas instalaciones de Essen - Rellinghausen se ha previsto la habilitación de unas 11 hectáreas (2 $m.^2$ por persona servida) de terrenos próximos a ellas, para escurrir los barros. Los técnicos de Essen - Rellinghausen han resuelto que las tierras que reciban una carga de barros no podrán ser utilizadas hasta después de un año y como actualmente sólo se necesitará utilizar un quinto del área total disponible anualmente, se deduce que en las condiciones actuales una misma parcela sólo recibirá una carga de barros cada cinco años.

En los lechos naturales los barros se extienden generalmente en capas de 60 a 80 cm. de espesor.

Los lechos naturales son muy económicos y cuando las estaciones están alejadas de las poblaciones y los barros que tratan están bien digeridos, no ofrecen inconvenientes serios. Están muy generalizados en Inglaterra.

Si los barros escurridos no son llevados fuera de las estaciones deben extenderse a una distancia prudencial de las márgenes del río o arroyo próximo, para evitar que sean arrastrados por las lluvias.

En la estación de depuración de Plainfield se han realizado experiencias para activar el escurrimiento de los barros, agregándoles sulfato de alúmina en solución. Los resultados obtenidos adicionando a cada metro cúbico de barro unos 800 gms. de sulfato de alúmina han sido francamente halagadores. Contrariamente a lo que se aconseja para la coagulación de las aguas en las usinas de purificación, es condición esencial no agitar los barros al agregarles el sulfato. En las experiencias de Plainfield se agregó ese producto a la entrada de los lechos, siendo suficiente la agitación originada por la caída de los ba-

rros para producir la mezcla del sulfato. La disposición de los lechos era idéntica a la de los construídos en las ciudades de San José, Rocha, etc. de nuestro país.

Con igual fin se han utilizado en pruebas experimentales otras sustancias químicas: cloruro férrico, sulfato férrico y alúmina y aluminato de sodio. El cloruro férrico ha dado en general mejores resultados que el sulfato de alúmina, pero es menos económico.

Olores, forma de eliminarlos

Es sabido que con los medios de que se dispone hoy día es posible hacer funcionar una planta de depuración sin que se produzcan olores molestos. En las principales plantas que visitó el informante no los percibió, apesar de tener algunas de ellas, como Birmingham y Baltimore, enormes instalaciones de tipos menos perfeccionados que los que en la actualidad pueden construirse.

Para eliminar una de las principales causas de mal olor se agrega cloro a las aguas en los emisarios, para evitar que los compuestos sulfurados que contienen entren en descomposición antes de llegar a las estaciones de depuración, donde, en caso contrario, darían lugar a la formación y desprendimiento de hidrógeno sulfurado, que trasmitiría su olor nauseabundo al aire, aún cuando se mezclara en muy pequeñas proporciones. La acción del cloro en esos casos es instantánea.

Dentro de las estaciones las medidas preventivas se reducen a mantener extremadamente limpias las instalaciones, eliminando las acumulaciones en los canales descubiertos y los amontonamientos de resíduos en las rejas y tamices o sus proximidades, los que deben ser retirados de las instalaciones en el día; extraer las materias sedimentadas en los tanques de sedimentación preliminar antes que entren en descomposición; mantener las paredes de los canales de sedimentación de los tanques Imhoff limpias, suprimiendo sobre todo la película grasienta que queda adherida a esas paredes durante las fluctuaciones del nivel de las aguas en los tanques; mantener sumergida, o por lo menos húmeda, la capa de cuerpos flotantes de las bocas de las chimeneas de salida de gases de los mismos tanques; asegurar la completa digestión de los barros, para evitar el tener que extender sobre los lechos de escurrimiento barros no digeridos, que a más de ser difíciles de escurrir son mal olientes. El Ing.° Downes, de Plainfield, que ha hecho cuidadosos estudios sobre la formación y propagación de los olores provenientes de las estaciones de depuración, nos manifestó que el olor de los barros mal digeridos queda adherido, si así puede decirse, a las superficies que han estado en contacto con dichos barros en los lechos (muros, tabiques, etc) mucho tiempo después de retirados los barros. Para los casos en que no haya otra solución que retirar los barros no bien digeridos, el Ing.° Downes nos aconsejó el empleo de sulfato de alúmina, para acortar su permanencia en los lechos, siempre que no sea posible eliminarlos en otra forma.

Convendrá tener muy presente que el olor fétido y acre de las grasas rancias es el más penetrante, molesto y duradero y que si se dejan resecar al

sol montones de resíduos o la capa de cuerpos flotantes de la boca de la campana de salida de los gases de un tanque Imhoff, se producirán inevitablemente olores. Se aconseja el uso de la cal cuando haya que conservar por algunas horas al aire libre acumulaciones de resíduos o barros mal digeridos. En los Estados Unidos se emplean con igual fin algunos desodorizantes del comercio, con lo que a veces no se hace más que cambiar los olores que se desean reducir o eliminar por otros, no siempre más tolerables, a juicio del suscrito.

Consideraciones finales

La tendencia dominante en materia de depuración de aguas servidas, tanto en Europa como en Norte América, es cada día mayor hacia el empleo de dispositivos mecánicos, como medio de asegurar la eficacia de las instalaciones y tratamientos, la reducción de los espacios o áreas ocupadas por las estaciones y la de los gastos de explotación. La circunstancia de ser los países más avanzados en materia de depuración o tratamiento de las aguas servidas los que han alcanzado un mayor desarrollo industrial, en los que la energía es relativamente barata, ha favorecido la aplicación y difusión de mecanismos para la limpieza de las rejas y tamices, para la acumulación y remoción de los sedimentos de los tanques de sedimentación preliminar y decantación final, para la destrucción de la capa flotante de los tanques de digestión y la agitación de los barros dentro de esos tanques, para la agitación y mezcla de los barros activados con las aguas en los tanques de aeración y para la recolección y utilización de los gases de la digestión en la calefacción de los tanques de digestión; así como la utilización de dragas para la remoción de barros escurridos, prensas para el tratamiento de los barros digeridos, aparatos cloradores, etc.

En otro orden de ideas, predomina la tendencia hacia la explotación racional de las instalaciones, sacando el mayor partido de ellas, de acuerdo con las conclusiones de los investigadores, con lo que se ha logrado eliminar el empirismo que hasta hace unos años regía muchos de los procesos de depuración más difundidos. No hay planta, por insignificante que sea, que no cuente con su laboratorio anexo para hacer las determinaciones necesarias para controlar la eficacia de los procesos. Donde las instalaciones dependen de una gran corporación, como la "Corporación del Rhur", los laboratorios están centralizados, por razones de mejor servicio. Como en las usinas de purificación de agua, la superintendencia técnica no falta en ninguna estación de depuración.

La explotación de una gran planta se hace actualmente sobre los mismos principios de las explotaciones industriales modernas, llevándose cuidadosos registros de los datos que interesan desde el punto de vista de la técnica y de la economía: caudales tratados diariamente, composición de las aguas en sus diversos períodos de tratamiento, cantidades de sub - productos o materias extraídas de las aguas (resíduos, detritus, barros, gases, etc.), costos por distintos conceptos, etc.

Para medir los caudales con la mayor precisión posible se usan los ver-

tederos o contadores Venturi, o en su defecto, los cuenta - descargas de los tanques dosificadores de los lechos percoladores o lechos de contacto. Con el mismo fin se saca partido de las bombas elevadoras, calculando los caudales en base a su capacidad horaria y al tiempo de funcionamiento.

La temperatura del aire, la dirección de los vientos y el estado general del tiempo son cuidadosamente registrados todos los días. Estos datos tienen importancia, entre otras cosas, para comprobar la veracidad de las denuncias que suelen hacerse sobre propagación de olores, moscas, etc., por parte de los habitantes de las regiones circundantes a las estaciones de depuración.

En las instalaciones de importancia secundaria se trata de simplificar las cosas de modo que el personal que esté a su frente pueda sin grandes esfuerzos cumplir todas y cada una de las instrucciones de la superintendencia técnica.

En las estaciones de depuración de reciente construcción es sorprendente la atención prestada al aspecto ornamental de los edificios y la dedicación con que se conservan y mantienen. Los caminos y senderos, así como las plantaciones son también objeto de preferentes cuidados.

En general, se trata de rodear o circundar las cámaras desarenadoras y los tanques a cielo abierto con hileras de árboles, para ofrecer un obstáculo a los vientos y evitar que puedan arrastrar consigo, al atravesar las estaciones, los olores y las moscas. Tanto los caminos como las arboledas se disponen de manera tal que las comunicaciones resulten fáciles y la vigilancia del personal obrero pueda hacerse sin dificultades. En la proximidad de los lechos percoladores no se colocan árboles o arbustos de gran follaje, para evitar que las hojas caigan sobre ellos y lleguen a producir acumulaciones perjudiciales o exijan mucha atención para su retiro.

En Inglaterra y sobre todo en los Estados Unidos y Canadá, es admirable el esfuerzo hecho por las Asociaciones que agrupan a las personas vinculadas al control y conducción de las instalaciones de depuración de aguas servidas, para instruir y perfeccionar a sus asociados. Para ampliar sus conocimientos se realizan reuniones y giras de estudio periódicas, pequeños cursos de perfeccionamiento, etc. Por otra parte las autoridades comienzan a establecer condiciones para el ingreso a los puestos de responsabilidad dentro de las estaciones de depuración, como único medio de evitar las pérdidas de dinero experimentadas en el pasado, por mala explotación de las instalaciones, a consecuencia de la incompetencia de sus funcionarios.

INDICE

PARTE PRIMERA

RECEPCION DE MATERIALES

Páginas

I — Recepción de los materiales de fundición **8**
II — Trabajos relacionados con las recepciones de materiales encomendadas al "Bureau Veritas" y a "Le Contrôle Technique" **11**

PARTE SEGUNDA

INSTALACIONES DE SANEAMIENTO VISITADAS

I — INSTALACIONES DE PROVISION DE AGUA POTABLE

Usinas de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Paris y pueblos circunvecinos **12**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Lyon **32**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Estrasburgo **45**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Chartres **47**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Nancy **49**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Reims **51**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Sarrebrück **51**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Turin y pueblos circunvecinos **56**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Milán **67**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Madrid **72**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Sevilla **81**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Londres. **88**
Servicio de provisión de agua potable de la ciudad de Nueva York **117**
Usinas de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Washington **123**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Detroit **129**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Búfalo **133**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Toronto. **136**
Usina de bombeo y purificación de agua de la ciudad de Olean **140**

II — ALCANTARILLADOS Y OBRAS ANEXAS

Páginas

Alcantarillado de la ciudad de Paris 142
Alcantarillado de la ciudad de Estrasburgo 145
Alcantarillado de la ciudad de Reims 147
Estación de bombeo de aguas residuales y pluviales de Steele 149
Alcantarillados de otras ciudades europeas y norteamericanas 152

III — INSTALACIONES DE DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Paris y pueblos circunvecinos . 154
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Estrasburgo 177
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Reims 183
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Essen 183
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Hattingen 195
Depuración de las aguas residuales de la ciudad de Munich 203
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la ciudad de Manchester . . 215
Estaciones de depuración de aguas residuales de Bury y Bolton 228
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la ciudad de Birmingham . . 236
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la ciudad de Baltimore . . . 252
Estación de depuración de Plainfield, New Jersey 265
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la ciudad de Trenton . . . 271
Instalación de depuración de las aguas residuales de Red Bank 275
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la cuenca del río Rockaway, en Boonton, New Jersey 281
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de Madison - Chathan 285
Instalaciones de depuración de las aguas residuales de la Zona Norte de la ciudad de Toronto (Canadá) 287

PARTE TERCERA

Estudio sobre la esterilización del agua por medio del ozono . . . .

Instalaciones sistema "Otto". — Instalaciones sistema "Van der Made". — Algunas consideraciones sobre la ozonización del agua de consumo. — Dosificación del ozono utilizado en la esterilización. — Como se controla ordinariamente la esterilización. — Concentración del ozono en el aire ozonizado. — Cantidad de ozono por metro cúbico de agua esterilizada. — Cantidad de energía consumida por gramo de ozono. — Resultados obtenidos en la práctica con la ozonización 292

Consideraciones sobre el sistema de cloración del agua, difundido en Francia por el Ingeniero Bunau - Varilla 301
Consideraciones sobre los tubos de cemento y amianto "Eternit" 302
Consideraciones sobre los tubos de hormigón armado "Bonna" 302
Sobre revestimiento interior de tuberías de fundición con mortero de cemento portland 306
Visitas a diversas fábricas de contadores de agua 308
Visitas a las fábricas de las sociedades "Wallace y Tiernan", "Paradon Mfg. Co." y "Mueller Co." 308

PARTE CUARTA

CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DESTINADOS A POTABILIZAR LAS AGUAS DE LOS ABASTECIMIENTOS DE LOS CENTROS URBANOS Y A DEPURAR LAS AGUAS SERVIDAS DE LOS MISMOS

I — TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DE PURIFICACION DE AGUA

Páginas

Fuentes de abastecimiento y obras de captación. — Procedimientos de purificación. — Embalses y depósitos de almacenamiento de aguas brutas. — Aeración. — Sedimentación previa adición de coagulantes. — Prefiltración o filtración preliminar. — Filtros de arena del tipo inglés o lentos. — Filtros de arena del tipo norteamericano o rápidos. — Cloración. — Ozonización. — Procedimientos para ablandar las aguas. — Prácticas seguidas para impedir la agresividad de las aguas. — Consideraciones finales **309**

II — TRATAMIENTOS E INSTALACIONES DE DEPUPACION DE AGUAS RESIDUALES

Rejas. — Cámaras desarenadoras. — Tamices. — Tanques de sedimentación auxiliares. — Cámaras de captación de materias grasas. — Tanques de sedimentación simple. — Tanques Imhoff. — Tanques de digestión separada. — Campos de irrigación. — Estanques de peces. — Filtros intermitentes de arena. — Lechos de contacto. — Lechos percoladores. — Barros activados. — Lechos de contacto sumergidos. — Tanques de decantación final. — Cloración. — Tratamiento de los barros: consideraciones sobre la digestión de los barros, lechos de escurrimiento. — Olores, forma de eliminarlos. — Consideraciones finales. . . **335**

